

**СПРАВОЧНИК
ПО ЭЛЕКТРО-
ПОДВИЖНОМУ
СОСТАВУ,
ТЕПЛОВОЗАМ
И ДИЗЕЛЬ-
ПОЕЗДАМ**

2

СПРАВОЧНИК
ПО ЭЛЕКТРО-
ПОДВИЖНОМУ
СОСТАВУ,
ТЕПЛОВОЗАМ
И
ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДАМ

Том II

Под редакцией А. И. ТИЩЕНКО



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1976

Справочник по электроподвижному составу, тепловозам и дизель-поездам. Под общ. ред. А. И. Тищенко. Т. II. М., «Транспорт», 1976, 376 с.

В томе II книги приведены важнейшие справочные данные и материалы по системам управления и электрическим схемам электропоездов, тепловозов, электропоездов и дизель-поездов наиболее распространенных серий, расположению оборудования на электроподвижном составе и тепловозах, эксплуатации, борьбе с шумами и вибрациями, ремонту и технической диагностики, полимерным материалам, надежности и технико-экономической эффективности работы локомотивов.

Справочник рассчитан на инженерно-технических работников, занимающихся эксплуатацией, ремонтом, проектированием и усовершенствованием электропоездов, тепловозов, электропоездов и дизель-поездов магистрального и промышленного транспорта. Ил. 446, табл. 174.

Авторы разделов: XI. Электрические аппараты — Л. М. Трахтман, И. А. Беляев, В. Д. Радченко, А. В. Фарафонов, А. П. Бородин, Ю. Г. Симонов, В. С. Розенбаум, Е. А. Эглон, А. В. Чигирин, Г. И. Шутяев; XII. Автоматическая локомотивная сигнализация, радиосвязь и скоростемеры — В. В. Геккер, Т. В. Джавахян; XIII. Системы управления, электрические схемы локомотивов и моторвагонного подвижного состава — Н. А. Ротанов, К. И. Рудая, В. А. Каптелкин, Б. А. Тушканов, М. А. Костюковский, Н. В. Максимов, В. А. Полищук; XIV. Расположение оборудования на электроподвижном составе и тепловозах — В. П. Янов; XV. Эксплуатация локомотивов и моторвагонного подвижного состава — К. А. Миронов, С. И. Осипов; XVI. Борьба с шумами и вибрациями на электроподвижном составе и тепловозах — О. А. Кикнадзе; XVII. Испытания локомотивов — Е. В. Горчаков, С. И. Осипов; XVIII. Ремонт и техническая диагностика электропоездов, тепловозов и моторвагонного подвижного состава — Ю. Н. Виноградов и В. В. Привалов; XIX. Полимерные материалы на электроподвижном составе и тепловозах — К. А. Акуни, И. Ю. Белявский; XX. Надежность локомотивов — И. П. Исаев; XXI. Технико-экономическая эффективность работы локомотивов — В. А. Дмитриев.

XI. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

XI-1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ

По назначению электрические аппараты, устанавливаемые на электроподвижном составе, тепловозах и дизель-поездах, можно разделить на следующие основные группы:

токоприемники и заземляющие устройства, осуществляющие подвижное соединение цепей электроподвижного состава с контактной сетью и колесными парами; аппараты защиты электрооборудования от коротких замыканий, перегрузок и перенапряжений — главные, быстродействующие и небыстродействующие автоматические выключатели, предохранители, разрядники, защитные конденсаторы и фильтры; коммутационные аппараты силовых цепей с косвенным управлением — индивидуальные контакторы и групповые контакторы, предназначенные для переключения ступеней реостатов, ступеней и обмоток трансформаторов, ступеней регулирования возбуждения тяговых двигателей;

коммутационные аппараты вспомогательных цепей с косвенным управлением, предназначенные для переключения в цепях вспомогательных машин, статических преобразователей, электроотопления и других вспомогательных устройств — переключатели и разъединители силовой цепи, оперативное управление которыми осуществляется без нагрузки — реверсоры, тормозные переключатели, отключатели тяговых двигателей, разъединители;

реостаты пуско-тормозные, резисторы стабилизирующие, выравнивающие, защитные;

реакторы, дроссели, индуктивные шунты;

реле и регуляторы для косвенного управления коммутационными и защитными аппаратами, преобразователями и вспомогательными машинами, обеспечивающие заданные режимы тока и напряжения и их ограничения;

аппараты управления с непосредствен-

ным воздействием со стороны машиниста — контроллеры управления, кнопки и кнопочные выключатели, переключатели и разъединители цепей управления и вспомогательных цепей;

распределительные и соединительные устройства цепей управления — распределительные щиты, панели, клеммные рейки, шины, низковольтные розетки, межэлектропоездовые, межкузовные и междвагонные соединения;

электропневматические аппараты — клапаны токоприемников, песочниц, автоматические выключатели управления, вентили электрического торможения и т. п.; лампы осветительные и сигнальные, прожекторы, осветительная арматура;

электрические обогреватели различных видов;

выпрямительно-стабилизирующие агрегаты собственных нужд;

аккумуляторные батареи;

измерительные приборы, датчики тока и напряжения, счетчики электрической энергии;

аппараты, обеспечивающие безопасность и удобство обслуживания локомотивов — блокировки высоковольтных камер, лестниц, педали безопасности, стеклоочистители, заземляющие штанги и т. д.

Перечисленные аппараты большей частью имеют специальное тяговое исполнение. На электропоездах, тепловозах и дизель-поездах применяют также аппараты общепромышленного исполнения: резисторы и предохранители в цепях управления, конденсаторы, тепловые реле и регуляторы, магнитные усилители, элементы электронной аппаратуры и т. д., которые изготовляют в отдельных случаях по специальным техническим условиям.

Особенности тяговых электрических аппаратов определяются условиями их работы и размещения на электроподвижном составе, тепловозах и дизель-поездах при ограниченных габаритах для установки в высоковольтных камерах, под кузовами моторных вагонов, в кабинах управления, тамбурах и пассажирских помещениях.

Условия работы аппаратов на электроподвижном составе, тепловозах и дизель-поездах характеризуются широким диапа-

зоном изменений температуры (от -50 до $+40^{\circ}\text{C}$ и до $+60^{\circ}\text{C}$ внутри камер), вертикальными механическими колебаниями низкой частоты (до 3 Гц), вибрациями повышенной частоты (до 50 Гц) и горизонтальными ударами в направлении движения локомотива.

На электроподвижном составе, получающем питание от контактной сети, существенное влияние на работу аппаратов оказывает режим напряжения в контактной сети. Номинальные, максимальные и минимальные напряжения аппаратов, питающихся непосредственно от контактной сети или через трансформатор, определяются ГОСТ 6962—54. Для аппаратов постоянного тока, питающихся от главного генератора, в качестве номинального принимается наивысшее напряжение генератора. Для аппаратов силовых цепей переменного тока, получающих питание через трансформатор, за номинальное принимается $0,9$ действующего напряжения холостого хода соответствующей вторичной обмотки трансформатора при номинальном напряжении первичной обмотки по ГОСТ 6962—54.

Условия работы тяговых электрических аппаратов определяют специальные требования к ним, главнейшими из которых являются: стойкость по отношению ко всем возможным механическим воздействиям; предельные ограничения превышения температуры частей аппаратов над температурой окружающей среды; изоляционная стойкость аппаратов или их узлов при наиболее неблагоприятных режимах; высокая износостойкость подвижных частей аппаратов; ограниченные целесообразными допусками отклонения технических данных и уставок аппаратов различного вида от их номинальных значений.

Требования, предъявляемые к тяговым аппаратам, определяются ГОСТ 9216—66, который включает методику испытаний аппаратов, выполняемых для определения соответствия их установленным требованиям.

Токоприемники предназначены для обеспечения электрического контакта между электрооборудованием э. п. с. и контактной сетью.

На магистральном электроподвижном составе, эксплуатируемом на советских железных дорогах, применены главным образом четырехрычажные (ДЖ-4, ДЖ-5, ДЖ-5К, П-1Б, П-3, П-3А, П-5А, М-7, 9РР, 10РР, 13РР, 2SLS-1) и двухрычажные (П-7А, А-7Б, ТЛ13У, ТЛ14М, SBS 66) токоприемники (рис. XI-1). Лишь на маневровых электровозах ВЛ40 установлены однорычажные (асимметричные) токоприемники ПН-2.

Токоприемники, предназначенные для работы на грузовых и пассажирских элек-

тровозах постоянного тока, относятся к тяжелому типу Т, а для работы на грузовых и пассажирских электровозах переменного тока и электропоездах постоянного и переменного токов — к легкому типу Л.

Кинематические схемы токоприемников, применяемых на электроподвижном составе, эксплуатируемом на отечественных железных дорогах, приведены на рис. XI-2, а общие виды наиболее распространенных токоприемников П-3, 10РР, 2SLS-1 и ТЛ-14М — на рис. XI-3 — XI-6. Токоприемники П-1Б (для э. п. с. постоянного тока) и П-1В (для э. п. с. переменного тока) отличаются от П-3 главным образом наличием одного полоза. Токоприемник ТЛ-13У отличается от ТЛ-14М тем, что на его полозе вместо медных пластин применены угольные вставки.

Основные требования к токоприемникам определены ГОСТ 12058—72 «Токоприемники электроподвижного состава магистральных железных дорог».

Технические данные токоприемников, эксплуатируемых на советских железных дорогах, приведены в табл. XI-1, а их основные размеры — в табл. XI-2.

В качестве уплотнений на поршнях приводов применяют кожаные или резиновые манжеты. Кожаные манжеты применены в отечественных токоприемниках ДЖ-4, ДЖ-5, ДЖ-5К, П-1 (в аппаратах, выпущенных до 1965 г.), П-3, П-3А и П-5А, резиновые — в токоприемниках П-7, ТЛ-13У и ТЛ-14М.

На величину трения в подвижной системе токоприемника решающее влияние оказывает тип примененных в шарнирных соединениях (табл. XI-3) подшипников. Наилучшими антифрикционными свойствами обладают шариковые и игольчатые подшипники.

Для обеспечения лучшего токосъема ползозы устанавливают на подвижные рамы с помощью упругих устройств — кареток (рис. XI-7).

В качестве токосъемных элементов на электроподвижном составе переменного тока, электропоездах постоянного тока и некоторых электровозах постоянного тока применяют угольные вставки, изготовляемые по ГОСТ 14692—69 «Вставки угольные контактные для токоприемников электроподвижного состава». Согласно этому стандарту удельное электрическое сопротивление не должно превышать $30\text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ для вставок типа А и $16\text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ для вставок типа Б. На ползозах токоприемников наиболее мощных электровозов постоянного тока применяют пластины из профильной меди по ГОСТ 5369—50 «Медь профильная для контактных пластин пантографа» или пластины из спеченных материалов на железной или медной основе. Удельное электрическое сопротивление контактных пластин из спеченных материалов не более $0,3\text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Профили контактных элементов ползозы приведены на рис. XI-8. (Для тяжелых токоприемников может применяться также профильная медь толщиной 6 мм .) Наименьший износ контактного провода обес-

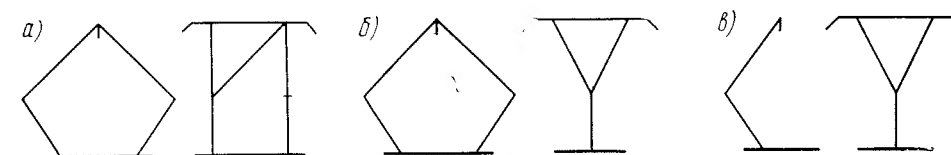


Рис. XI-1. Схемы выполнения подвижных систем токоприемников:
а — четырехрычажного; б — двухрычажного; в — однорычажного (асимметричного)

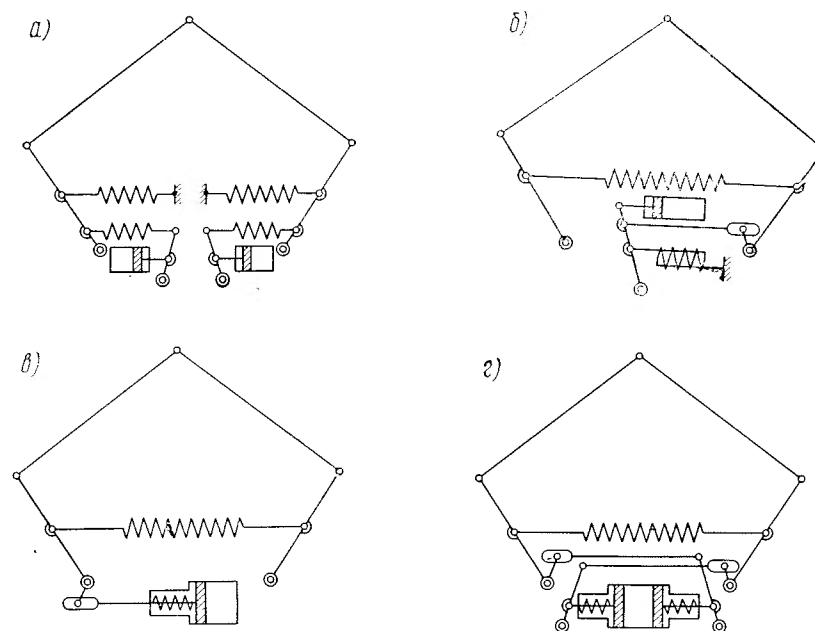


Рис. XI-2. Кинематические схемы токоприемников:
а — ДЖ-4; б — ДЖ-5, П-3; в — П-5*, 9РР, 10РР, 13РР, 2SLS-1*, М-7*, SBS66*, г — П-7*, ТЛ-13У, ТЛ-14М (звездочками отмечены токоприемники, у которых пневматические цилиндры имеют постоянный диаметр)

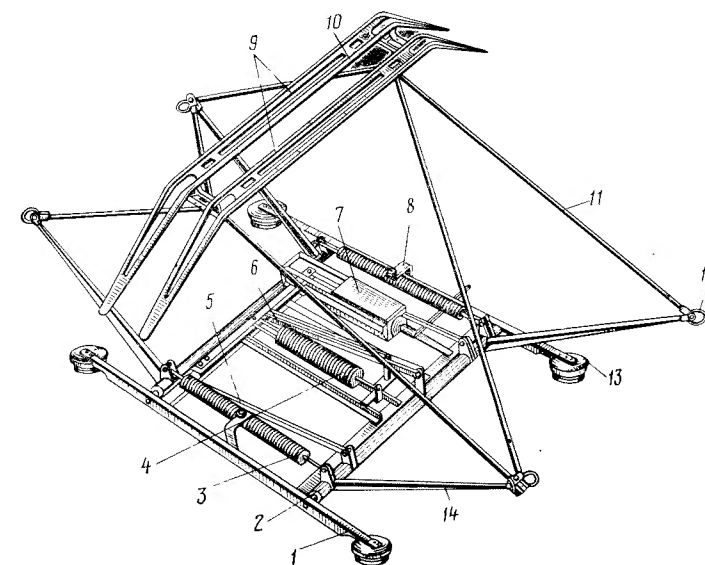


Рис. XI-3. Общий вид токоприемника типа П-3:
1 — основание; 2 — вал нижней системы (главный вал); 3 — подъемная пружина; 4 — опускающая пружина; 5 — синхронизирующая тяга; 6 — рычаг-толкатель; 7 — пневматический цилиндр; 8 — амортизатор; 9 — ползозы; 10 — контактная пластина; 11 — труба верхней рамы; 12 — гибкий шунт; 13 — изолятор; 14 — труба (рычаг) нижней рамы

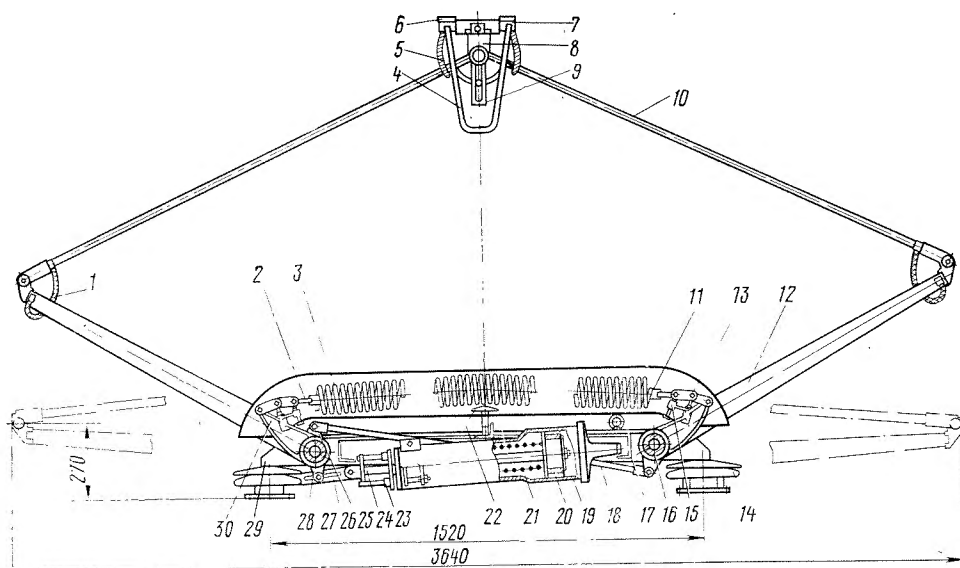


Рис. XI-4. Токоприемник типа 10PP:

1, 5 — шунты; 2, 18 — тяги; 3 — подъемная пружина; 4 — рог; 6 — контактные пластины; 7 — каркас полоза; 8 — каретка; 9 — кулиса; 10 — труба верхней рамы; 11 — держатель пружины; 12 — труба (рычаг) нижней рамы; 13 — шарнирное устройство; 14 — изолятор; 15 и 23 — болты; 16 — главный вал; 17 — угольник; 19 — пневматический цилиндр; 20 — поршень; 21 — опускающая пружина; 22 — упор; 24 — шток; 25, 28 и 30 — рычаги; 26 — кулиса; 27 — палец; 29 — основание

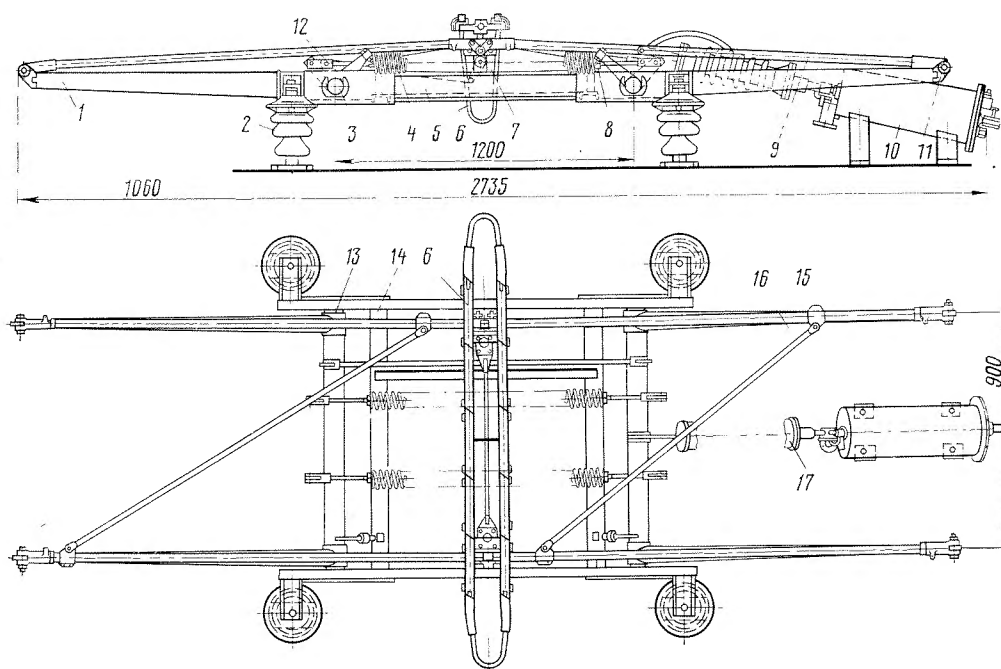


Рис. XI-5. Токоприемник типа 2SLS-1:

1 — труба (рычаг) нижней рамы; 2 — опорный изолятор; 3 — цапфа; 4 — подъемная пружина; 5 — основание; 6 — полз; 7 — верхний шарнир подвижных рам; 8 — регулировочная гайка подъемной пружины; 9 — труба верхней рамы; 10 — пневматический цилиндр; 11 — шарнир; 12 — рычаг; 13 — главный вал; 14 — поперечная связь основания; 15 — соединительная скоба; 16 — диагональная связь верхней рамы; 17 — стержневой изолятор

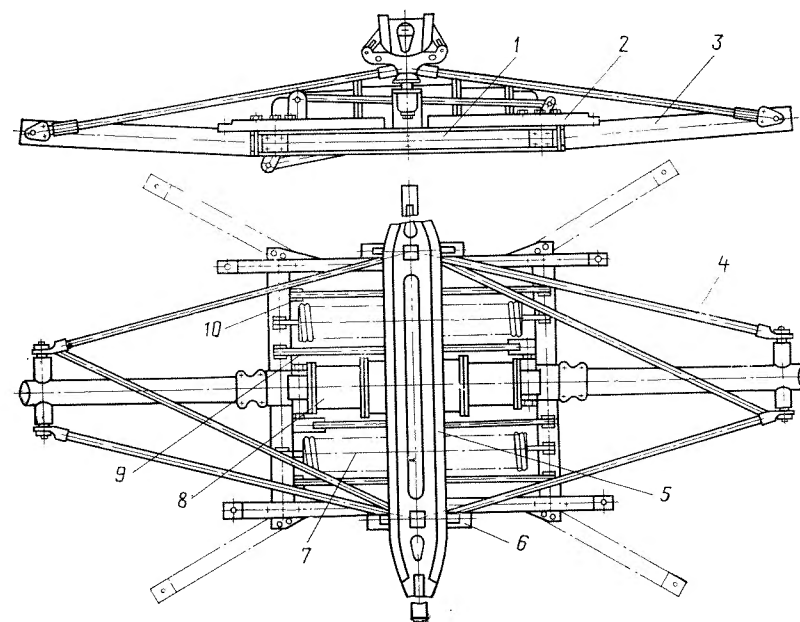


Рис. XI-6. Токоприемник типа ТЛ-14М:

1 — основание; 2 — крошфейн основания; 3 — труба (рычаг) нижней рамы; 4 — труба верхней рамы; 5 — полз; 6 — каретка; 7 — подъемная пружина; 8 — пневматический цилиндр; 9 — тяга-толкатель; 10 — синхронизирующая тяга

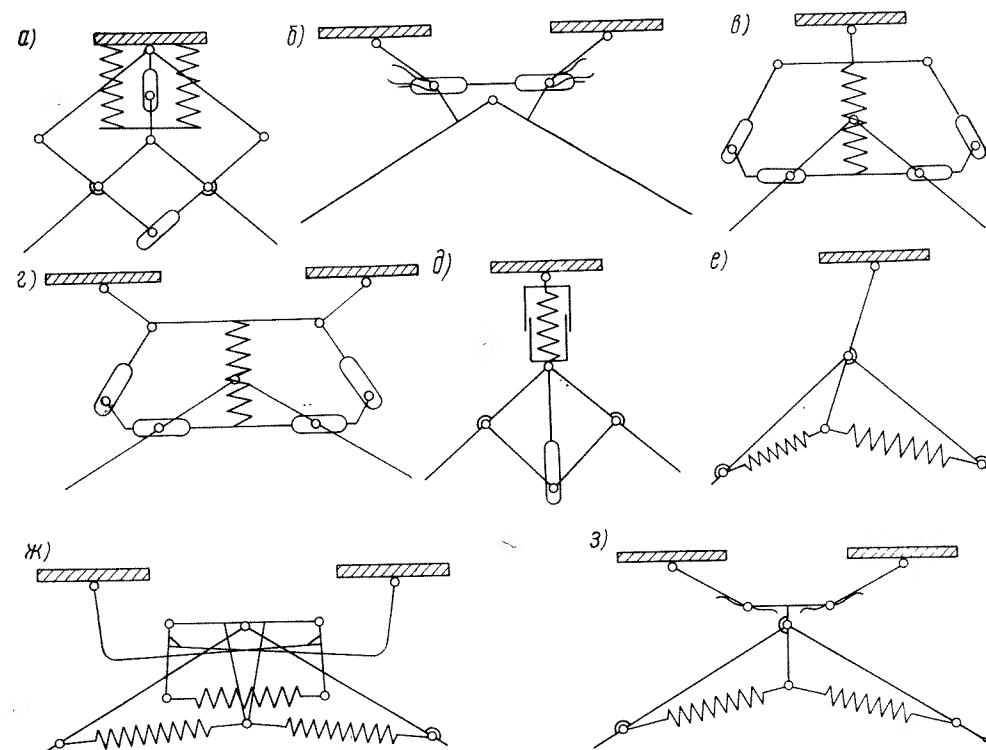


Рис. XI-7. Схемы верхних узлов токоприемников:

а — ДЖ-5; б — ДЖ-4; в — П-1, П-7, ТЛ-13У, ТЛ-14М; г — П-3, д — 10PP, М-7; е — SB566; ж — П-5А; з — 9PP

Основные технические данные токоприемников

Показатели	Токоприемники типов											
	ДЖ-4	ДЖ-5, ДЖ-5К	П-1Б (П-1В)	П-3, П-3А, (П-5А)	П-7А (П-7Б)	ТЛ-13У	М-7	9РР, 13РР	10РР2, (10РР5)	2SLS-1	SBS66	ПН-2
Серия электровоза или электропоезда	ВЛ19, Сд	ВЛ19, ВЛ22, ВЛ22м, Ср, Ср, ВЛ61д,	ЭР1, ЭР2, ЭР10, (ВЛ60, ВЛ60к, ЭР9П)	ВЛ8, ВЛ23, (ВЛ10)	ВЛ60Р, ВЛ80, ВЛ80к, ВЛ80Р, (ЭР22)	ВЛ60Р, ВЛ80, ВЛ80к, ВЛ80Р, ВЛ80т,	Ф	ЧС1, ЧС3	ЧС2, ЧС3	ЧС4	К	ВЛ40
Номинальное напряжение, кВ	3	3	3(25)	3	25(3)	25	25	3	3	25	25	25
Количество полюсов	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
Длительный ток при движении, А:												
при медных пластинах	2100	1200	1200	2100	1200	1200	—	2100	1400	—	—	1200
при угольных вставках типа А	1335	760	760	1335	760	610	760	—	—	610	610	760
то же типа Б	1770	1010	1010	1770	1010	—	—	—	—	—	—	1010
Длительный ток на стоянке, А:												
при медных пластинах	550	330	330	550	330	330	—	550	330	—	—	330
при угольных вставках типа А*	130/80	80/50	80/50	130/80	80/50	80/50	80/50	—	—	80/50	80/50	80/50
то же типа Б*	170/110	100/65	100/65	170/110	100/65	—	—	—	—	—	—	100/65
Наибольшая высота*2, мм	2400	2400	2200	2200	2100	2100	2500	1900	1900	1830	2400	2000
Максимальная рабочая высота*2, мм	1900	1900	1900	1900	1900	1900	2000	1790	1790	1650	2200	1900
Минимальная рабочая высота*2, мм	400	400	400	400	400	400	500	190	(1821) 190	250	220	300
Статическое нажатие на контактный провод в диапазоне рабочей высот, кгс:									(321)			
активное не менее	8	5,5	7	8(10)	5,5	6	8,5	8	8	6	7,5	7
пассивное не более	12	9,5	11	12(13)	8,5	9	9,5	12	12	9	10,5	11

Разница между наибольшим и наименьшим нажатиями при одностороннем движении токоприемника в диапазоне рабочей высоты, кгс, не более

Двойная величина трения в шарнирах, приведенная к верхнему узлу, кгс, не более

Опускающая сила в диапазоне рабочей высоты, кгс, не менее

Ход каретки, мм

Время подъема подвижной системы до максимальной рабочей высоты, с

Время опускания подвижной системы с максимальной рабочей высоты, с

Номинальное давление сжатого воздуха, кгс/см²

Минимальное давление сжатого воздуха, необходимое для работы механизма подъема, кгс/см²

Уровень изоляции после установившейся электроподвижной состав (эффективное значение напряжения), кВ, не менее

Масса верхнего узла (полосов и кареток), кг

Средняя приведенная масса, кг

Общая масса с изоляторами, кг

Максимально допустимая скорость движения, км/ч*3

2	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	2	—	2
4	3	3	3	3	2	2	1,5	2,5	2,5	2	2	2
—	2	4,5	4,5	4,5(10)	8	10	19	6	6	14	6	3,5
52	25	50	50	50	55	50	35	50	30	30	50	50
3—7	3—7	4—7	4—7	4—7	4—7	4—7	5—7	7—12	7—12	4—6	—	4—7
3—5	3—5	4—7	4—7	4—7	4—7	3,5—5	8—10	5—7	5—7	5—8	—	5—8
5	5	5	5	5	5	5	5	3,5	3,5	4,7	5	5
3,5	3,5	3,75	3,75	3,75	3,75	3,5	4,5	2,5	2,5	2,4	4	3,5
12	12	12(60)	12	12	60(12)	60(12)	90	12	12	75	—	60
26,1	16,7	15	24,8	(26)	15	15,7	5,2	30,5	15,9	13,7	10	16
—	32	33	44(46)	33	33	33	45	49	42,3(46)	31	36	41
550	396	320	340(297)	290(200)	315(225)	315(225)	354	316	320(307)	320	415	335
85	120	140	110	140(160)	160(180)	160(180)	110	120	160	160	100	100

* В числителе приведены данные для зимнего режима, в знаменателе — для летнего.

** Высота отсчитывается от уровня опущенного полюза.

** На основании обобщения результатов испытаний, проведенных в ЦНИИ МПС.

Таблица XI-2

Основные размеры токоприемников

Размеры	Токоприемники типов											
	ДЖ-4	ДЖ-5, ДЖ-5К	П-1Б (П-1Б)	П-3, П-3А (П-5А)	П-7А (П-7Б)	ТЛ-13У (ТЛ-14М)	М-7	9РР, 13РР	10РР2 (10РР5)	2SLS-1	SBS66	ПН-2
Высота токоприемника в опущенном положении (от опорной поверхности изоляторов до верха полоза), мм	398	390 2260	485(785) 2117 2260	498 2117 2260	740(465) 2117	740(465) 2260	615 2050	650 2117 2260	600(557) 2117 2260	620 2260	545 2117	635 2117
Длина полоза*, мм												150
Ширина полоза (без токо- съемных элементов), мм	121	153	120	120	120	150	240	120	200 (245)	200	240	
Расстояние между осями главных валов, мм	1220	1066	1073	1073	1000	1000	1200	1200	1200	1200	900	—
Длина труб (рычагов) ниж- них подвижных рам, мм	1365	1220	1220	1220	1100	1100	1285	1200	1200	1200	1250	1500
Длина труб верхних под- вижных рам, мм	1975	1755	1758	1758	1608	1608	1885	1801	1801	1800	1700	1950
Ширина подвижных рам, мм*2	1156	1156	1135	1135	1000 350	1000 350	1100 1390	1100	1100	900	1150 377	1000 250
Расстояние между осями кареток, мм	1156	1156	1261	1261	1120	1120	1215	988	880	725	1031	1156
Диаметр поршня пневмо- привода, мм	180	100	100	100 (190)	140	180	202	150	150	175	170	200
Установочные (монтажные) размеры, мм	1982× ×1448	1982× ×1448	1982× ×1448	1982× ×1448	1400× ×800	1400× ×800 и 1980× ×1450	1540× ×1200	1520× ×1240	1520× ×1240	1540× ×1320	1450× ×1650	900× ×1500
Расстояние до заземленных частей, мм, не менее	—	75	75(270)	75	270(75)	240(75)	370	75	75	255	260	270

* В числителе приведены данные для токоприемников ранних выпусков.

** В числителе приведена ширина сверху рамы, в знаменателе — внизу.

Таблица XI-3

Основные технические данные шарнирных соединений токоприемников

Наименование шарнирного соединения	Токоприемники типов					
	ДЖ-4	ДЖ-5К	П-3	П-3А, П-1Б, П-1В, П-5А	П-7А, П-7Б	ТЛ-13У, ТЛ-14М
Соединение валов нижних рам с неподвижным основанием	Однорядный шариковый подшипник № 6309 (аналогичен № 309 ГОСТ 8338—57) $d=45$ мм, $D=100$ мм, $B=25$ мм, $Q_{ст}=2650$ кгс	Однорядный шариковый подшипник № 208 ГОСТ 8338—57 $d=40$ мм, $D=80$ мм, $B=18$ мм, $Q_{ст}=1800$ кгс	Радиальный сферический подшипник № 1206 ГОСТ 5720—51 $d=30$ мм, $D=62$ мм, $B=16$ мм, $Q_{ст}=600$ кгс	Радиальный сферический подшипник № 1205 ГОСТ 5720—51 $d=25$ мм, $D=52$ мм, $B=15$ мм, $Q_{ст}=410$ кгс		
Соединение нижних рам с верхними	Втулки $\varnothing 16A_3$ из фосфористой бронзы. Валики $\varnothing 16X_3$ из Ст5	Втулки $\varnothing 16A_3$ из фосфористой бронзы. Валики $\varnothing 16X_3$ из стали 40	Роликовый подшипник игольчатый с одним наружным штампованным кольцом № 942/20 ГОСТ 4060—60 $d=20$ мм, $D=26$ мм, $B=20$ мм, $Q_{ст}=940$ кгс	Однорядный шариковый подшипник № 29 ГОСТ 8338—57 $d=9$ мм, $D=26$ мм, $B=8$ мм, $Q_{ст}=200$ кгс	Радиальный сферический подшипник № 1202 ГОСТ 5720—51 $d=15$ мм, $D=35$ мм, $B=11$ мм, $Q_{ст}=205$ кгс	
Соединение верхних рам	Втулки $\varnothing 16A_3$ из фосфористой бронзы. Валики $\varnothing 16X_3$ из Ст5	Втулки $\varnothing 12A_3$ из латуни. Валики $\varnothing 12X_3$ из стали 40	Игольчатый подшипник № 942/20	Шариковый подшипник № 29 (для П-5А игольчатый подшипник № 941/20)	Шарнирный подшипник скольжения ШС-12К ГОСТ 3635—54 $d=12$ мм, $D=22$ мм, $B=10$ мм, $Q_{ст}=3000$ кгс	
Соединение тяг подъемных пружин с рычагами главных валов	Пара скольжения сталь по стали ($\varnothing 12A/X$)	Пара скольжения сталь по стали ($\varnothing 16A_3/X_3$)	Пара скольжения сталь по стали ($\varnothing 12A_3/X_3$)	Игольчатый подшипник № 942/20 (заменяется подшипником ШС-12К)	Шарнирный подшипник ШС-12К	
Соединение синхронизирующих тяг с рычагами валов	Пара скольжения сталь по стали ($\varnothing 20A/X$)	Пара скольжения сталь по стали ($\varnothing 16A_3/X_3$)	Пара скольжения сталь по стали ($\varnothing 12A_3/X_3$)	Пара скольжения сталь по стали ($\varnothing 12A_3/X_3$)	Пара скольжения сталь — латунная, валик $\varnothing 16X_3$ стальной	Шарнирный подшипник ШС-12К

Примечание. d и D — соответственно внутренний и наружный диаметры подшипника;
 B — ширина подшипника; $Q_{ст}$ — допускаемая статическая нагрузка;
 A, X — классы посадок деталей по системе отверстий

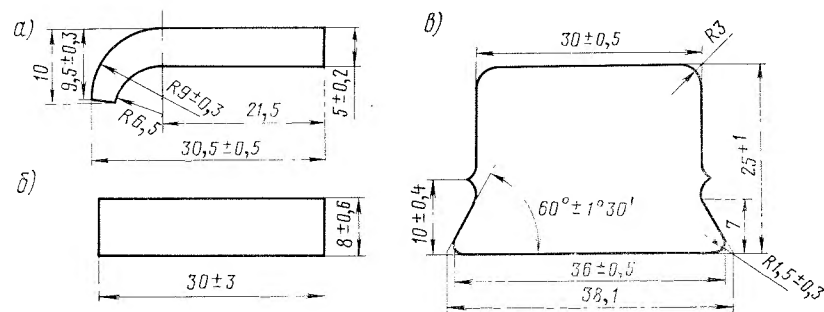


Рис. XI-8. Профили контактных элементов:
а — медной пластины; б — пластины из спеченного материала; в — угольной вставки

печивают угольные вставки, несколько бóльший — пластины из спеченных материалов. Эксплуатация на одном и том же участке электрифицированной дороги угольных вставок и пластин из спеченных материалов совместно с медными пластинами недопустима, так как при этом угольные вставки и пластины из спеченных материалов будут интенсивно изнашиваться.

ХИ-3. БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Быстродействующие выключатели на электроподвижном составе постоянного тока обеспечивают защиту оборудования от токов перегрузок и коротких замыканий. Основные технические данные применяемых выключателей приведены ниже:

Тип выключателя	БВП-1-ЦНИИ, БВП-3А	БВП-5	12НС	БВП-5Т, БВП-105А
Серия электроподвижного состава	ВЛ22 ^м , ВЛ23, ВЛ8	ВЛ10	ЧС2	ЭР1, ЭР2, ЭР22
Номинальное напряжение, кВ	3,0	3,0	3,0	3,0
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	4,0	4,0	4,0	4,0
Номинальный ток, А	1365	1800	1800	250
Пределы регулирования тока установки, А	1500—2500	2000—3350	2000—3000	400—700
Ток установки, А	2000 ⁺¹⁰⁰ ₋₅₀	3000 ⁺¹⁰⁰ ₋₅₀	2500±125	575±25
Наибольший отключаемый ток к. з., кА, при наибольшем рабочем напряжении и индуктивности цепи 6—10 мГ	20	17	10	20
Время гашения дуги, с:				
при отключении наибольшего тока к. з. и индуктивности цепи 6—10 мГ	0,03—0,04	0,05—0,08	0,04	0,02—0,03
тока 3000 А и индуктивности 5—15 мГ	—	0,023	—	—
тока 600 А и индуктивности 10 мГ	—	0,061	—	0,018
тока 50 А и индуктивности 10 мГ	—	0,093—0,143	—	0,06
тока 50 А и индуктивности 100 мГ	—	0,13—0,14	—	—
тока 10 А и индуктивности 15 мГ	0,3—0,4	—	—	—
тока 5 А и индуктивности 450 мГ	—	—	0,4	—
тока 2,5 А и индуктивности 10 мГ	—	—	—	0,09
Собственное время срабатывания выключателя, мс, при токе более 3000 А и начальной крутизне нарастания тока к. з.:				

* В числителе для выключателей электровозов ВЛ22^м, ВЛ23, в знаменателе — для ВЛ8.

(0,1÷0,2) · 10 ⁶ А/с	—	—	14,5	2,5
(0,5÷0,6) · 10 ⁶ А/с	1,5—2	1,5—2	8	1,5
Наибольшие перенапряжения при отключении цепи с индуктивностью 6—10 мГ	6—7,5	7	—	8—10
Время от момента отключения напряжения цепи управления 50 В до начала движения силовых контактов, мс	32	32	148	—
То же при напряжении цепи управления 30 В	25	25	144	—
Силовые контакты:				
нажатие, кгс	22	21—22	60±5%	9—10
раствор, мм	36—41	35—40	26±10%	30±5
ширина, мм	10	34	16	11
площадь прилегания, %, не менее	85	85	70	—
Блок-контакты:				
число замыкающих	4	4	2	3
» размыкающих	1	1	2	2
нажатие, кгс	0,3—0,4	0,3—0,4	0,130	0,22—0,44
раствор, мм	4,5	4,5	3	6,5—9,5
провал, мм	—	—	0,6	2—4
длительный ток, А	10	10	6	6
Номинальное напряжение цепей управления, В	50	50	48	50/110
Удерживающая катушка:				
число витков	4600	4600	2350	4305/9590
провод ПЭВ-1 диаметром, мм	0,93	0,93	0,8—0,96	0,64
сопротивление, Ом при 20° С	37,3	37,3	—	31±2,5
				1,5/13
				161±8
то же при 75° С	—	—	12,5±10%	—
» » 120° С	52,1	52,1	—	—
Ток при номинальном напряжении 50 В и нагретой катушке, А	1,18	1,18	—	1,25/0,55
Минимальный ток при отпадании якоря, А	—	—	—	0,3/0,14
Сопротивление размагничивающего витка, Ом	1 · 10 ⁻⁴	1 · 10 ⁻⁴	0,21 · 10 ⁻⁴	—
Сопротивление индуктивного шунта, Ом	0,65 · 10 ⁻⁴	0,48 · 10 ⁻⁴	—	—
Давление воздуха, необходимое для включения механизма, кгс/см ²	3,75—6,75	3,75—6,75	3,5—6,3	3,75—6,75
Напряжение, кВ, частотой 50 Гц, прикладываемое для испытания изоляции на электрическую прочность в течение 1 мин:				
между силовыми контактами (с надетой камерой)	9,5	9,5	7,5	8,1
между корпусом и основанием; между удерживающей катушкой и корпусом	9,5	9,5	8,75	9,5
между дугогасительной катушкой и рамой; между катушкой электропневматического вентиля и основанием; между контактами блокировки и корпусом	1,5	1,5	1,0	1,5
Габаритные размеры выключателя, мм:				
высота	1248	1230	1120	860±10
длина	913	1165	1940	1239±10
ширина	357	455	480	696±5
Масса, кг:				
выключателя	227	230	232	305±5
механизма	165	151	160	119
одной дугогасительной камеры	62	79	72	34

Схемы, поясняющие устройство быстродействующих выключателей, и основные зависимости, характеризующие режимы их работы, приведены на рис. XI-9 — XI-21.

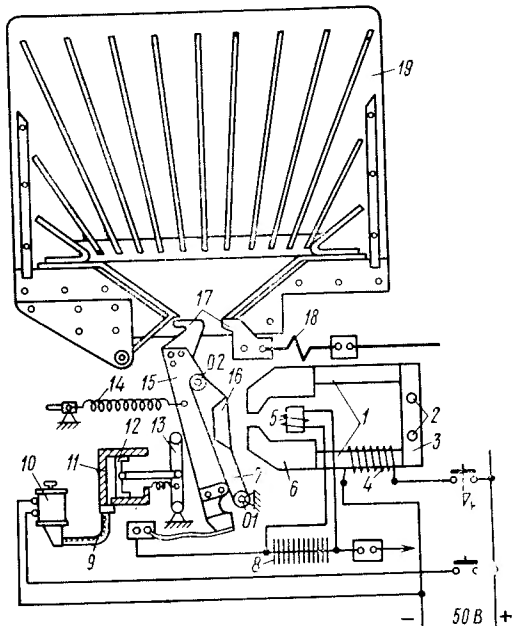


Рис. XI-9. Схема электровазного быстродействующего выключателя:

1 — стержни главного магнитопровода; 2 — регулировочные винты; 3 — брус магнитопровода; 4 — удерживающая катушка; 5 — размагничивающий вилот; 6 — полюсные башмаки главного магнитопровода; 7 — рычаг якоря; 8 — индуктивный шунт; 9 — воздушный провод; 10 — электропневматический вентиль; 11 — цилиндр; 12 — поршень; 13 — включающий рычаг; 14 — отключающие пружины; 15 — контактный рычаг; 16 — якорь; 17 — силовые контакты; 18 — катушка магнитного дутья; 19 — дугогасительная камера

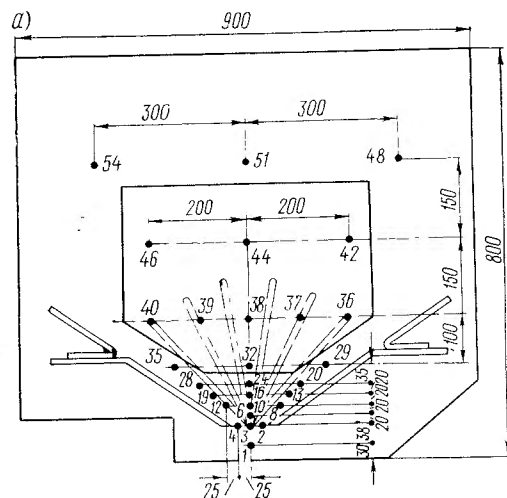


Рис. XI-11. Схема дугогасительной камеры выключателя БВП-3А (а) и изменение индукции магнитного поля дутья в зависимости от тока (б) в различных точках 1-54 камеры

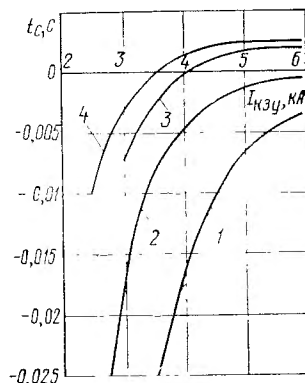


Рис. XI-10. Зависимость собственного времени $t_{ср}$ срабатывания выключателя БВП-3А от установившегося тока к. з. $I_{кз}$ при скорости его нарастания $(0,1 \pm 0,65) 10^6$ А/с:

1 — при токе установки $I_{уст} = 2500$ А и токе предварительной нагрузки $I_{пн} = 0$; 2 — при $I_{уст} = 2000$ А и $I_{пн} = 0$; 3 — при $I_{уст} = 2500$ А и $I_{пн} = 1400$ А; 4 — при $I_{уст} = 2000$ А и $I_{пн} = 1000$ А

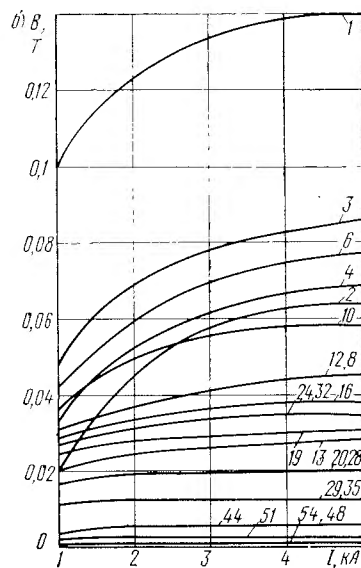


Рис. XI-13. Общий вид быстродействующего выключателя БВП-5:

1 — дугогасительная камера; 2 — деонные решетки; 3 — тяга запирающего устройства дугогасительной камеры; 4 — регулировочные винты главного магнитопровода; 5 — главный магнитопровод; 6 — удерживающая катушка; 7 — размагничивающий вилот; 8 — индуктивный шунт; 9 — рама заземленного основания; 10 — блокировочный механизм; 11 — изолятор; 12 — дугогасительная катушка; 13 — магнитопровод дутья; 14 — съемные полюсы

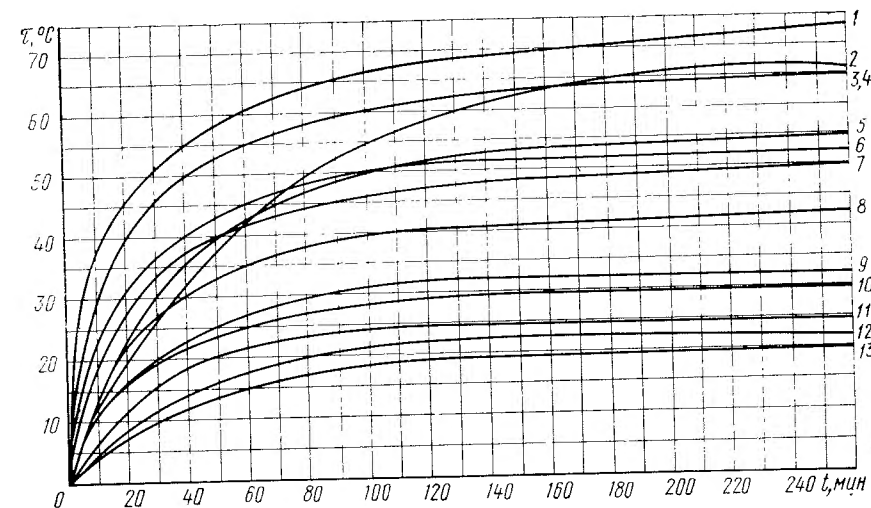


Рис. XI-12. Кривые, характеризующие превышение температуры деталей выключателя БВП-3А при токе нагрузки 1360 А, нажатии контактов 19 кгс, напряжении цепи управления 50 В и температуре окружающего воздуха $t = 16 \pm 18^\circ \text{C}$:

1 — неподвижный контакт; 2 — удерживающая катушка; 3 — подвижной контакт; 4 — держатель неподвижного контакта; 5 — вывод дугогасительной катушки; 6 — место соединения подвижного контакта с рычагом; 7 — то же дугогасительной катушки и контактного рычага; 8 — шина индуктивного шунта; 9 — размагничивающий вилот; 10 — дугогасительная катушка; 11 — держатель гибкого шунта; 12 — место соединения индуктивного шунта и размагничивающего вилота; 13 — гибкий шунт

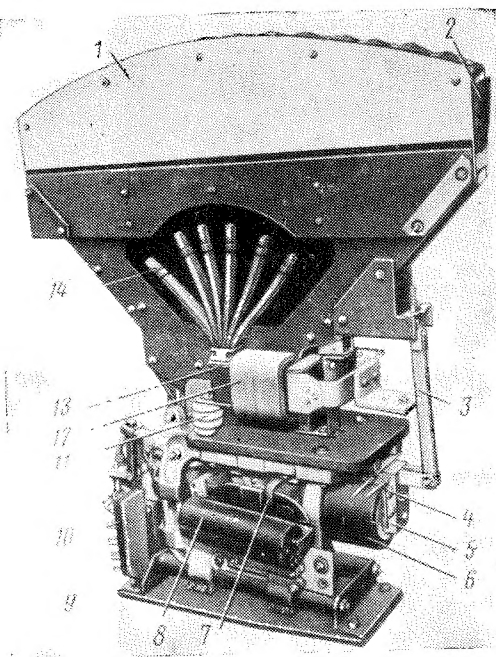


Рис. XI-14. Кривые, характеризующие превышение температуры деталей выключателя БВП-5 над температурой окружающей среды при токе нагрузки 1850 А и нажатии контактов 21 кгс:

1 — размагничивающий вилот; 2 — индуктивный шунт; 3 — дугогасительная катушка; 4 — удерживающая катушка (при токе в цепи управления 1,18 А); 5 — гибкий шунт

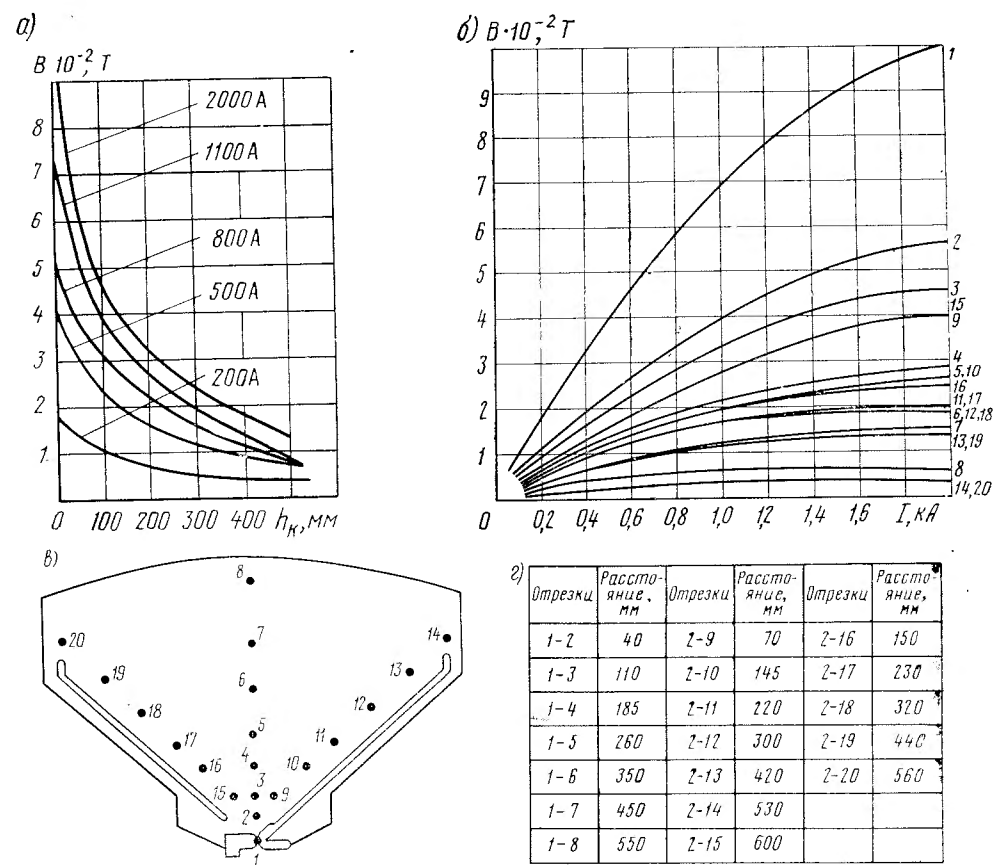


Рис. XI-15. Изменение индукции магнитного поля дутья B выключателя БВП-5 по высоте камеры h_k (а) и зависимость ее от тока (б) в различных точках (1-20) дугогасительной камеры (в и г)

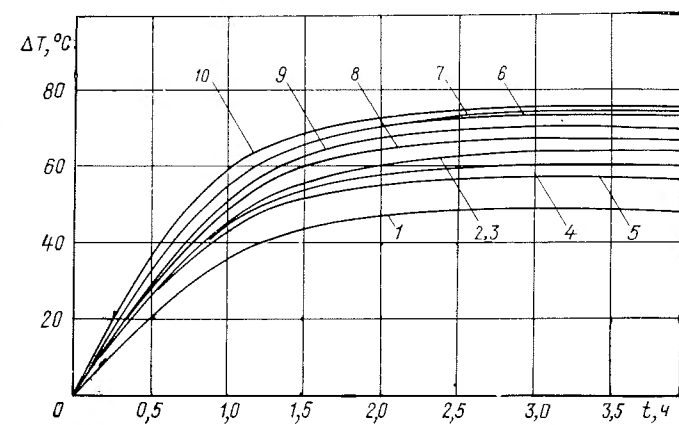


Рис. XI-16. Кривые, характеризующие превышение температуры токоведущих частей выключателя 12НС над температурой окружающей среды при токе 1800 А и $t = -20 \div 29^\circ C$:

1 — неподвижный контакт в точке подвода тока; 2 — поверхность дугогасительной катушки; 3 — гибкое соединение; 4 — поверхность катушки максимального тока; 5 — катушка максимального тока, точка подвода тока; 6 — неподвижный контакт в точке соприкосновения с подвижным; 7 — катушка максимального тока; 8 — жесткая муфта дугогасительных катушек; 9 — дугогасительная катушка; 10 — подвижный контакт в точке соприкосновения с неподвижным

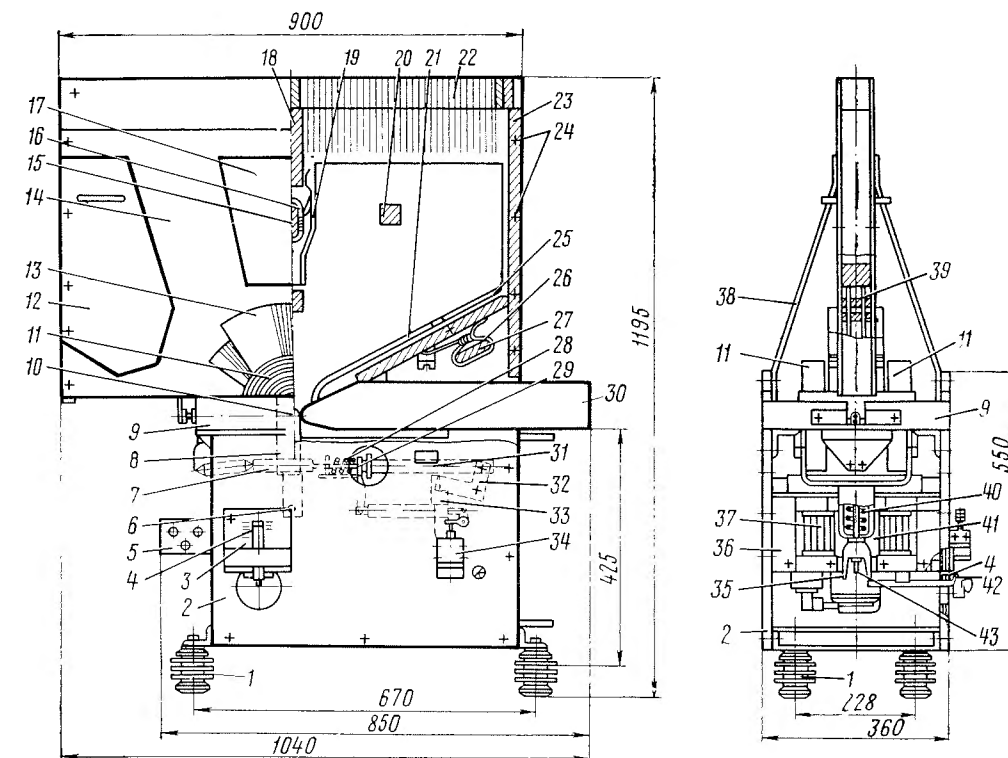
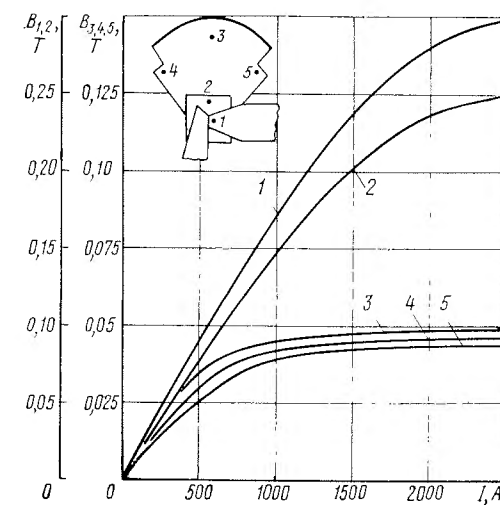


Рис. XI-17. Схема быстродействующего выключателя 12НС:

1 — изоляторы; 2 — изоляционные гетинаксовые стенки; 3 — шкала уставок; 4 — стрелка якоря отключающего устройства; 5 — выводная шина; 6 — ось подвижного контакта; 7 — зубчатая рейка; 8 — храповик; 9 — магнитопровод дугогасительной катушки; 10 — подвижной контакт; 11 — главные дугогасительные катушки; 12 — стальные накладки; 13 — башмак; 14 — стенки дугогасительной камеры; 15 — сердечник; 16 — внутренняя дугогасительная катушка; 17 — наружные стальные накладки; 18 — изоляционный вкладыш; 19 — рога внутренней дугогасительной катушки; 20 — дистанционные прокладки; 21 — нижний рог дугогасительной катушки; 22 — деионные решетки; 23 — боковые дистанционные бруски; 24 — болты; 25 — верхний рог дополнительной дугогасительной катушки; 26 — дополнительная дугогасительная катушка; 27 — сердечник; 28 — пружина подвижного контакта; 29 — регулировочный винт пружины; 30 — неподвижный контакт; 31 — изоляционная тяга; 32 — двуплечный рычаг; 33 — шток; 34 — блокировочный механизм; 35 — якорь отключающего магнитопровода; 36 — магнитопровод отключающего устройства; 37 — катушка отключающего устройства; 38 — пружинящие крепежные пластины; 39 — продольные изоляционные перегородки; 40 — пружина якоря; 41 — сердечник; 42 — рычаг; 43 — винт сердечника

Рис. XI-18. Изменение индукции магнитного поля дутья в точках 1-5 камеры в зависимости от тока в главной дугогасительной катушке выключателя 12НС



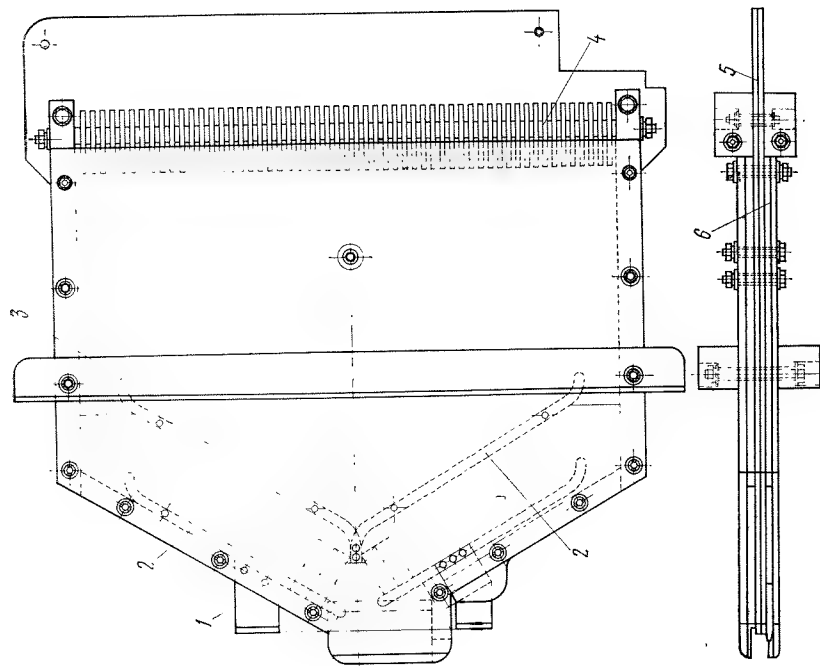


Рис. XI-20. Дугогасительная камера быстродействующего выключателя БВП-105А:

1 — контактный нож дугогасительного рога; 2 — дугогасительный рог; 3 — деревянный брус; 4 — деионная решетка; 5 — асбоцементная перегородка; 6 — асбоцементная стенка камеры

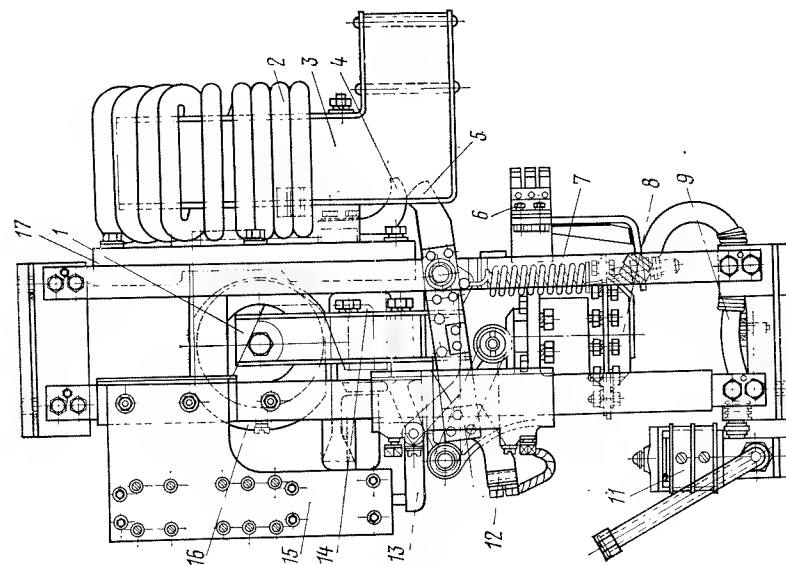


Рис. XI-19. Механизм выключателя БВП-105А:

1 — главный магнитопровод; 2 — дугогасительная катушка; 3 — магнитопровод дутья; 4 — неподвижный контакт; 5 — подвижной контакт; 6 — клемма дугогасительной катушки; 7 — отключающие пружины; 8 — диафрагменный привод; 9 — воздушный привод; 10 — электромагнитный привод; 11 — рычаг подвижного контакта; 12 — рычаг блокировочной катушки; 13 — рычаг блокировочной катушки; 14 — размагничивающая катушка; 15 — панель дугогасительной катушки; 16 — удерживающая катушка; 17 — панель дугогасительной катушки

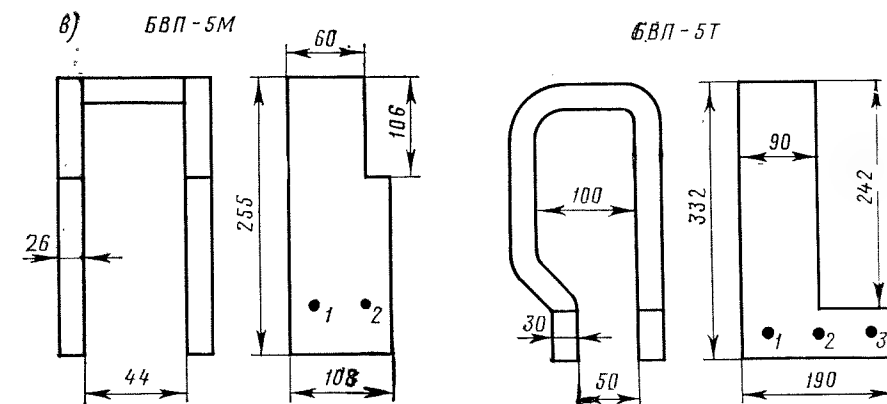
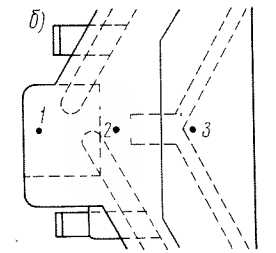
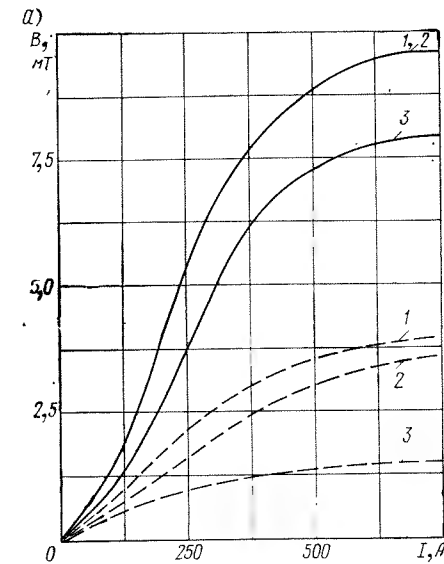


Рис. XI-21. Зависимость индукции B (а) в точках 1—3 дугогасительной камеры (б) и магнитопровода (в) от тока I в дугогасительной катушке для выключателей БВП-5Т (сплошные кривые) и БВП-5С (штриховые). Номера кривых соответствуют номерам точек

XI-4. ВОЗДУШНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Воздушные однополюсные выключатели предназначены для автоматического отключения электрооборудования электропоездов и моторных вагонов электропоездов переменного тока при коротких замыканиях или перегрузках.

На электропоездах ВЛ60 первых выпусков применены воздушные выключатели ВОВ-25У, на электропоездах ВЛ60 последующих выпусков, на ВЛ80 и электропоездах — типа ВОВ-25-4, на электропоездах Ф — типа DBTF и на электропоездах ЧС4 — типа DW-25С. Выключатели имеют следующие технические данные:

Тип выключателя	ВОВ-25, ВОВ-25У	ВОВ-25-4, ВОВ-25-4М	DBTF	DW-25C
Номинальное напряжение, кВ	25	25	25	25
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	29	29	—	27,5
Номинальный ток, А	300	400	400	400
Диапазон рабочего давления воздуха, кгс/см ²	6—9	6—9	4—9	6,5—9
Предельный ток отключения, кА, при давлении:				
9 кгс/см ²	10	10	8	10
8 »	10	10	8	8
7 »	10	10	8	6
6 »	—	5	—	—

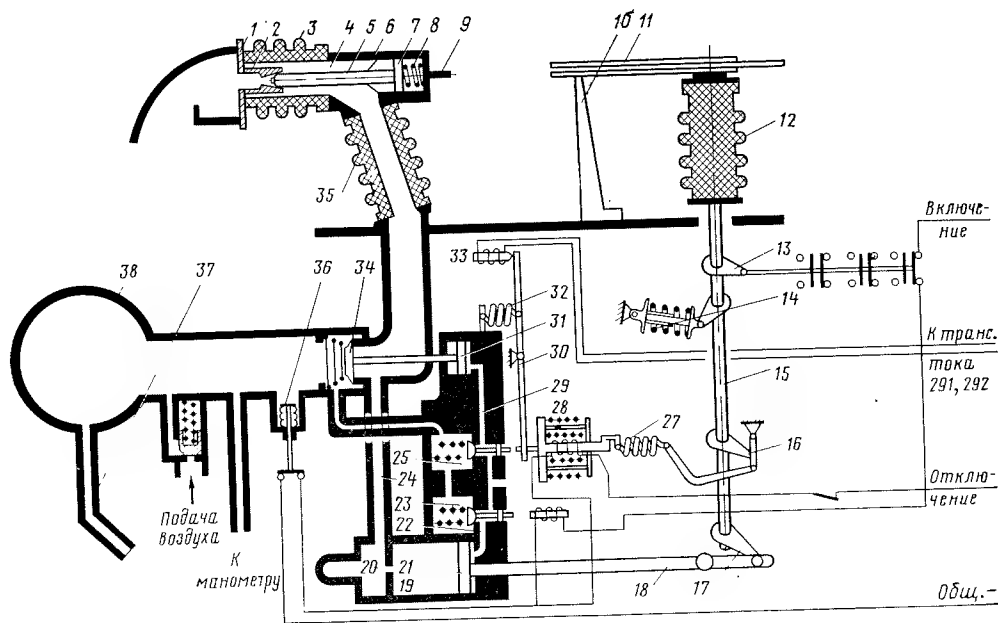


Рис. XI-22. Схема воздушного выключателя ВОВ-25-4:

1 — фланец; 2 — неподвижный дугогасительный контакт; 3, 12, 35 — изоляторы; 4 — дугогасительная камера; 5 — подвижной дугогасительный контакт; 6 — корпус; 7, 21, 31 — поршень; 8 — пружина; 9 — вывод; 10 — заземляющий кронштейн; 11 — разъединитель; 13, 16, 17, 30 — рычаг; 14 — пружина доводящего механизма; 15 — вал; 18 — шток; 19 — цилиндр; 20 — диафрагма; 22, 24 и 29 — каналы; 23, 25 и 34 — пусковые клапаны; 26 — включающий электромагнит; 27 — заводная пружина; 28 — ударный электромагнит; 29 — пружина; 32 — отключающий электромагнит; 36 — контакт реле давления; 37 — трубка; 38 — резервуар

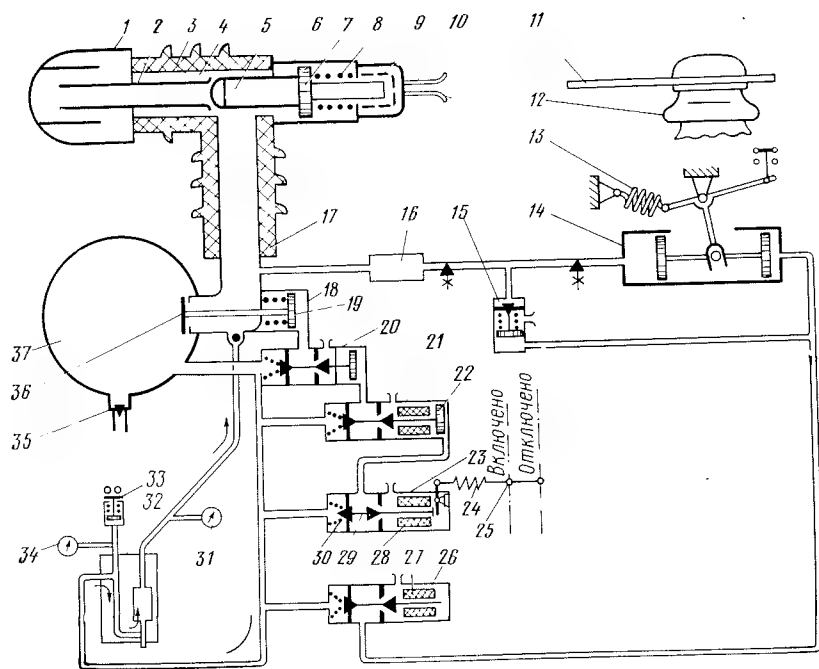


Рис. XI-23. Схема воздушного выключателя DW-25C:

1 — выхлопная камера; 2 — неподвижный контакт; 3, 17 — изолятор; 4 — дугогасительная камера; 5 — подвижной контакт; 6, 18 — цилиндр; 7, 19, 22 — поршень; 8 — пружина; 9 — гидравлический амортизатор; 10 — контакты; 11 — нож; 12 — изолятор; 13 — фиксирующая пружина; 14 — привод разгрузочного вентиля; 15 — разгрузочный резервуар; 16 — каскадный вентиль; 20 — клапан вентиль; 23 — пружина; 24, 30 — шарнир; 25 — импульсный (отключающий) вентиль; 26 — катушка вентиль; 27 — электромагнит; 28 — электропневматический включающий вентиль; 29 — реле давления; 33 — обратный клапан; 35 — манометр; 31, 34 — водоотделитель; 32 — главный клапан; 36 — резервуар

Пределы регулирования тока установки автоматического отключения на промежуточном реле, А 400—600 200—500 — — Собственное время, с, автоматического отключения от промежуточного реле при давлении 9 кгс/см² и токе, равном:

130% тока установки, не более	0,06	0,06	—	—
двукратному току установки и более	0,045	0,05	0,035	0,04
то же от электромагнита переменного тока при токе в катушке, равном 15 А, с	0,04	0,03	—	0,04
Время гашения дуги при отключении предельного тока, с	—	—	—	0,02
Напряжение цепей управления, В:				
номинальное	50	50	72	48
наименьшее	32	32	—	33
наибольшее	60	60	—	58
Габаритные размеры, мм:				
ширина	1370	—	—	—
глубина	750	—	—	—
высота	780	—	—	—
Масса, кг	250	200	165	—

На рис. XI-22 и XI-23 показаны схемы выключателей ВОВ-25-4 и DW-25C.

а для защиты вспомогательных цепей — плавкие предохранители П-1Б (рис. XI-25, XI-26) и ПКЭ-4 (рис. XI-24). Плавкие предохранители ПКЭ-6 с заполнением кварцевым песком разработаны для защиты оборудования экскаваторов переменного тока. Модернизированные предохранители ПКЭ-4 отличаются от предохранителей ПКЭ-6 меньшей длиной мостика плавкой вставки (200 вместо 330 мм, рис. XI-28), что сделано для уменьшения перенапряжений. На электровозах ВЛ19, ВЛ22, ВЛ23 и ВЛ8 для защиты вспомогательных цепей применяют предохранители ПК-6.

XI-5. ПЛАВКИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Высоковольтные плавкие предохранители применяют только на электроподвижном составе постоянного тока. Общие виды предохранителей и их ампер-секундные характеристики приведены на рис. XI-24 — XI-29. На электропоездах для защиты силовой цепи установлены предохранители ЯП-221 (рис. XI-26),

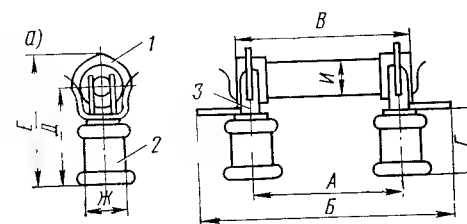
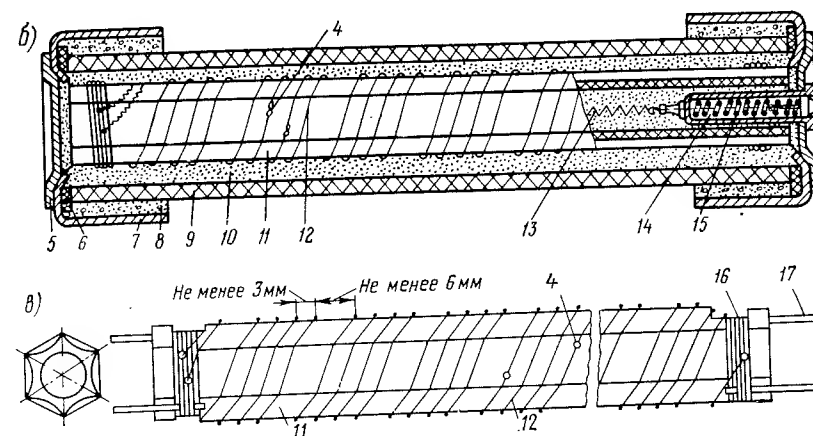


Рис. XI-24. Общий вид (а), патрон (б) и шмотный сердечник (в) предохранителя ПКЭ-4 на номинальные токи 20, 30 и 50 А:

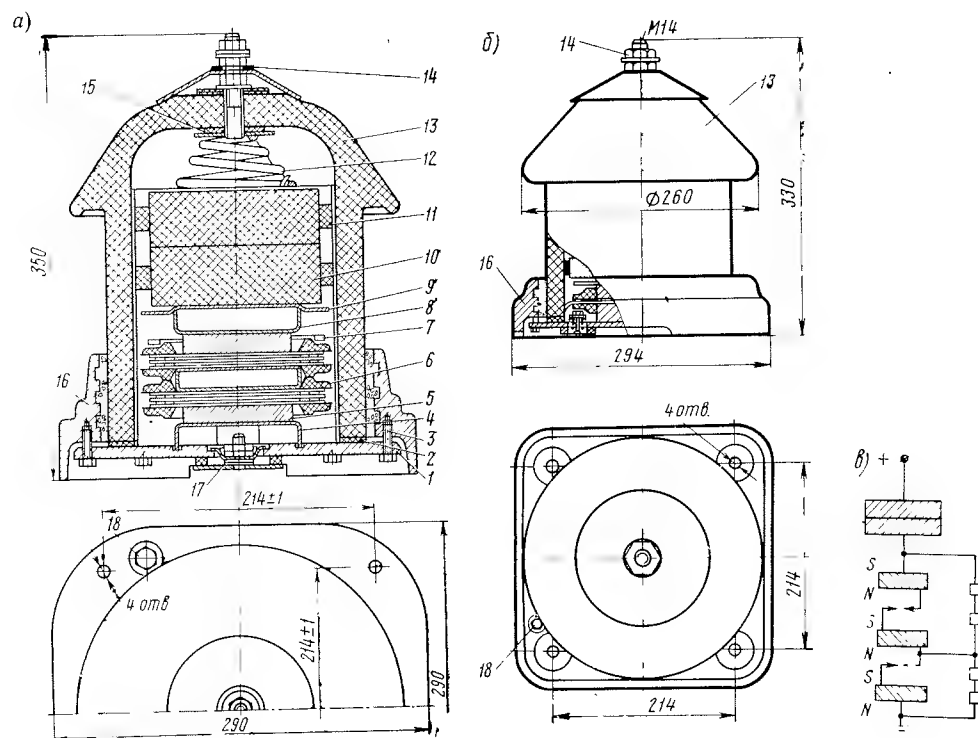
1 — замок; 2 — цилиндр; 3 — контакт; 4 — оловянные шары (светлые точки на рис. б и в); 5 — крышка; 6 — прокладка; 7 — колпачок; 8 — цемент; 9 — фарфоровая трубка; 10 — кварцевый песок; 11 — шмотный сердечник; 12 — плавкая вставка; 13 — указательная проволока; 14 — металлическая втулка; 15 — спиральная пружина; 16 — бандаж; 17 — лапка



<i>A</i>	—	—	285	285	330
<i>B</i>	—	—	421	421	466
<i>B</i>	—	—	310	310	310
<i>Г</i>	—	—	100	100	100
<i>Д</i>	—	—	146	146	156
<i>Е</i>	—	—	205	205	213
<i>Ж</i>	—	—	77	77	77
<i>И</i>	—	—	55	55	70
Масса предохранителя, кг	95±4	5	3,85	3,85	5,11

Защита электровозов и электропоездов постоянного тока от атмосферных перенапряжений осуществляется разрядниками РМБВ-3,3 (разрядник магнитный биполярный вентильный) и РМБУ-3,3 (разрядник магнитный вентильный униполярный). Защита электровозов и электропоездов пере-

менного тока от перенапряжений осуществляется разрядниками РВЭ-25 (разрядники вентильные электровозные) и разрядниками РВМК (разрядники вентильный, магнитный комбинированный). Основные технические данные разрядников приведены в табл. XI-4, а габаритные размеры, схемы, поясняющие их устройство, и характеристики — на рис. 30—35.



1 — днище; 2 — уплотнительная прокладка; 3 — болт; 4 — упорная крышка; 5 — магнит; 6 — искровой промежуток; 7 — резистор нелинейного сопротивления, шунтирующий промежуток; 8 — распорная крышка; 9 — фиксатор; 10 — диск нелинейного сопротивления; 11 — фетровая прокладка; 12 — нажимная пружина; 13 — фарфоровый кожух; 14 — верхняя клемма; 15 — уплотненная прокладка; 16 — илжний фланец; 17 — предохранительный клапан; 18 — илжний зажим

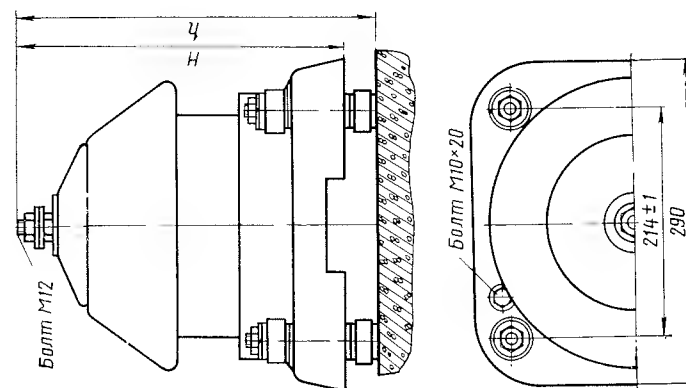
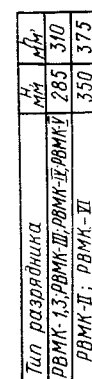


Рис. XI 32. Табаритные размеры рядников РВМК

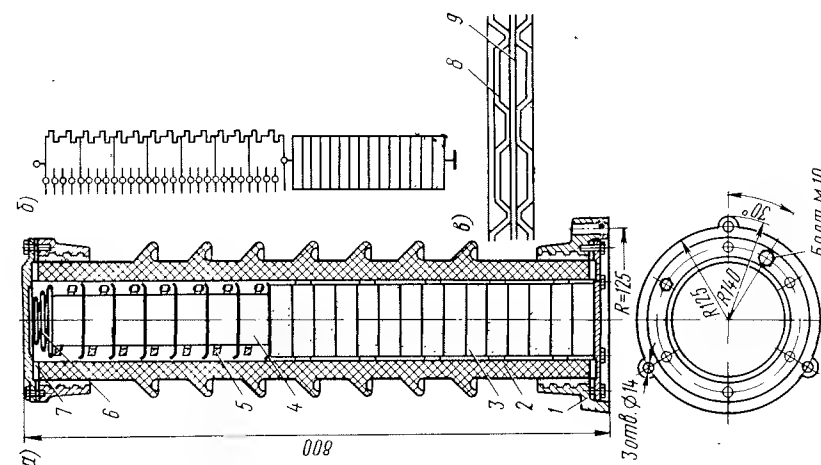


Рис. XI-31. Разрядник РВЭ-25 (а), схема соединения элементов (б)
и единственный искровой промежуток (в):
1 — основание; 2 — фарфоровый кожух; 3 — рабочий диск ней-
трального сопоставления; 4 — блок многократного искрового про-
межутка; 5 — сопоставляемые диски нейтрального сопоставления; 6 —
спиральная пружина; 7 — озоноотделительная резина; 8 — тарельчатый ма-
гнитный электрод; 9 — миканитовая шайба

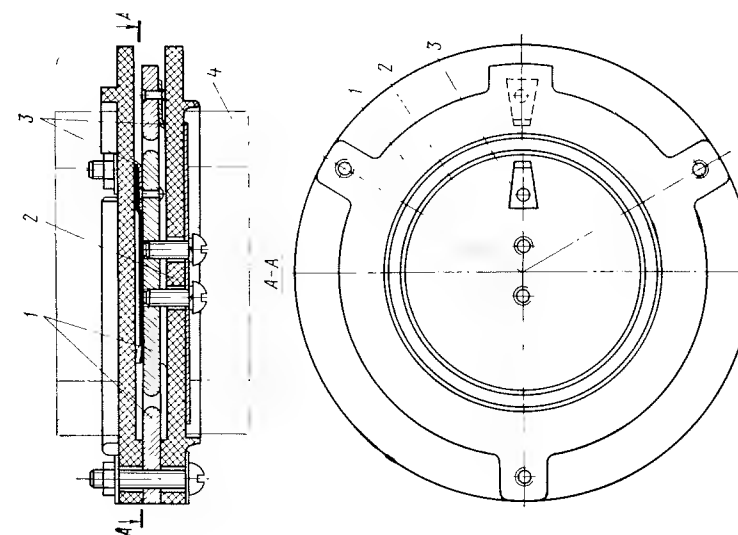


Рис. XI-33. Магнитный искровой промежуток разрядников РВМК: 1 — кольцевой искровой промежуток; 2 — изоляционное кольцо; 3 — подсвечивающие электроды; 4 — постоянные оксидно-барьерные магниты

Таблица XI-4

Основные технические данные разрядников

Показатели	Разрядники типов								
	РМБВ-3,3	РМБУ-3,3	РВМК-1,3	РВМК-II	РВМК-III	РВМК-IV	РВМК-V	РВМК-VI	РВЭ-25
Номинальное напряжение, кВ	3,3	3,3	1,3	2,4	1,5	—	—	—	25
Наибольшее допустимое напряжение, кВ	4,2	4,2	1,8	3,2	2,1	1,5	2,5	4,6	29
Пробивное напряжение искровых промежутков, кВ, при переменном токе с частотой 50 Гц (амплитудное значение)	9,5÷10,5	9,5÷10,5	5,6÷6,7	6,15÷7,0	4,6÷5,4	3,1÷3,8	5,45÷6,6	9,8÷11,8	74,5÷92,5
Импульсное пробивное напряжение, кВ (максимальное значение), при предразрядном времени 2—10 мкс не более	12,5	12,5	8,0	8,5	7,0	4,3	7,4	13,5	100
Остающееся напряжение на разряднике, кВ (максимальное значение), при импульсном токе:									
1500 А	10	11	4	6	4	2,7÷3,0	4,5÷5,0	8,1÷9,0	88
3000 »	11	12	—	8	—	—	—	—	102
9000 »	—	—	7,5	10,8	7,5	—	—	—	—
10 000 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Диски нелинейного сопротивления:									
материал	Вилит	Вилит		Тервит	Тервит				Вилит
диаметр дисков, мм	150	130	30	30	30	30	30	30	100
общая высота дисков, мм	60	90	70	140	70	70	140	140	420
количество параллельно включенных дисков	1	1	—	3	—	—	3	3	1
Пропускная способность дисков (число допустимых воздействий, импульсов):									
при волне 20/40 мкс с амплитудой 20 кА	20	20	—	—	—	—	—	—	—
при волне 20/40 мкс с амплитудой 10 кА	—	—	—	—	—	—	—	—	—
то же с амплитудой 300 А	—	20	—	—	—	—	—	—	20
то же 1500 А	—	—	—	20	—	—	20	20	—
при прямоугольной волне длительностью 2000 мкс с амплитудой 150 А	—	—	—	—	—	—	—	—	20
Ток проводимости разрядника, мкА, при выпрямленном напряжении 4 кВ	—	350÷620	70÷130	—	—	—	—	—	—
То же при 28 кВ	—	—	—	—	—	—	—	—	500÷620
Габаритные размеры, мм:									
высота	330	350	285	350	285	285	285	350	800
ширина	294	294	290	290	290	290	290	290	—
длина	294	294	290	290	290	290	290	290	—
Масса, кг	30,5	22,5	17	21	17	17,5	17,5	22,5	46

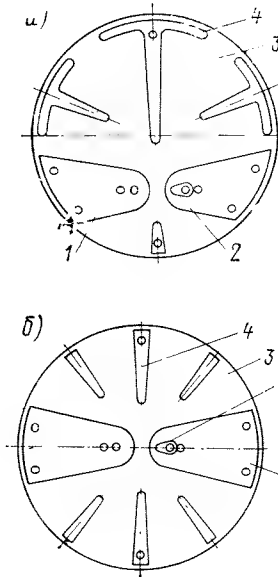


Рис. XI-34. Схема расположения электродов искрового промежутка в дугогасительной камере разрядников РМБУ-3,3 (а) и РМБВ-3,3 (б): 1 — электрод искрового промежутка; 2 — подводящий электрод; 3 — стенка камеры; 4 — изоляционная перегородка для удлинения дуги

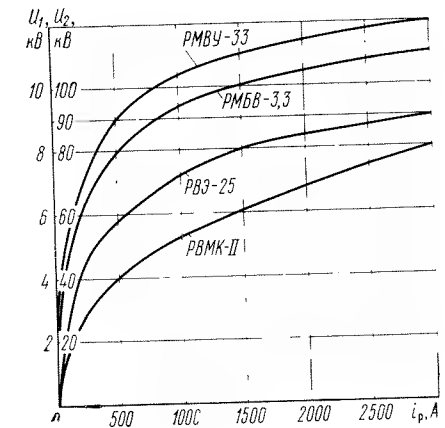


Рис. XI-35. Вольт-амперные характеристики разрядников: шкала \$U_1\$ для разрядников РМБУ-3,3; РМБВ-3,3; РВМК-II; шкала \$U_2\$ — для РВЭ-25

XI-7. ГРУППОВЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ И РЕВЕРСОРЫ

Технические данные групповых переключателей и реверсоров представлены в табл. XI-5 — XI-7, а основные габаритные размеры — на рис. XI-36 — XI-44.

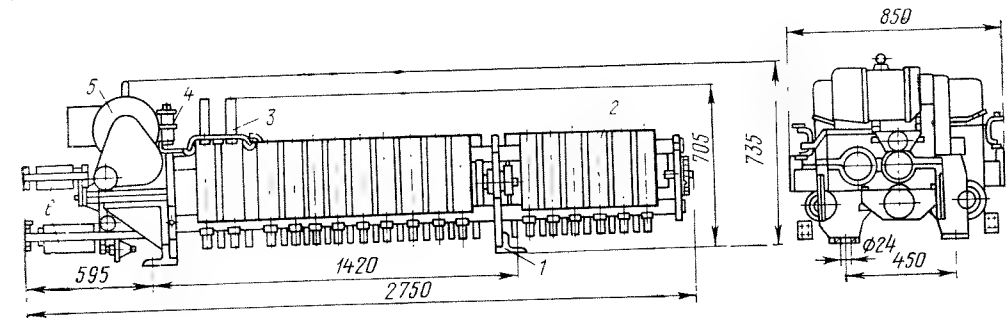


Рис. XI-36. Главный контроллер ЭКГ-8:

1 — каркас; 2 — контакторные элементы без дугогашения; 3 — то же с дугогашением; 4 электромагнитный вентиль; 5 — серводвигатель; 6 — контакторные элементы блокировочного устройства

Таблица XI-5

Привод и габаритные размеры групповых переключателей и реверсоров тепловозов

Тип кулачкового переключателя или реверсора	Серия тепловоза	Масса, кг	Диаметр диафрагмы, мм	Ход штока, мм	Привод		Габаритные размеры, мм (см. рис. XI-43, XI-44)		
					Тип включающего вентиля	Давление воздуха, кгс/см ²	А	Б	В
ПР-758А-1	ТЭ1, ТЭ2	92	90	—	ВВ-2А	3,5—7,0	340	908	355
ПР-720	ТЭМ1, ТЭМ2	90	160	6	ВВ-32	3,5—7,0	300	868	395
ПР-1М	ТЭ3, ТЭ7	125	160	6	ВВ-32	3,5—7,0	300	1084	395
ППК-8061, ППК-8063	ТЭ10, ТЭП10, М62 ТЭП60, 2ТЭ10В, ТЭП10Л, 2ТЭ10Л, 2ТЭ116, ТЭ109	190	210	12	ВВ-32	3,5—7,0	400	843	576
ППК-8062, ППК-8064		190	210	12	ВВ-32	3,5—7,0	400	843	576

Основные технические данные групповых переключателей электроподвижного состава

* Первые числа относятся к разрывным контактам, вторые — к главным, третьи — к контактам без дугогашения.
^{*2} В числителе — число контакторов с дугогашением, в знаменателе — без дугогашения.

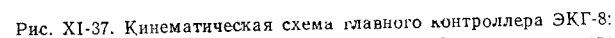


Рис. XI-37. Кинематическая схема главного контроллера ЭК1-8.

1 — муфта предохранительная; 2 — вал блокировки привода; 3 — механизм первого мальтийского креста; 4 — механизм второго мальтийского креста; 5 — концевой упор; 6 — вал контакторов переключения обмоток; 7 — зубчатая передача; 8 — вал контактора переключения ступеней; 9 — вал контакторов с дугогашением; 10 — зубчатая передача; 11 — вал главной блокировки; 12 — сельсин; 13 — червяк; 14 — рукоятка ручного привода; 15 — электродвигатель

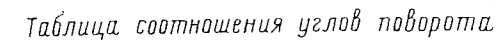


Рис. XI-38. Диаграмма замыкания силовых контакторов ЭКГ-8Д (а) и пояснения к диаграмме замыкания силовых контакторов с дугогашением (б), контактора 31 при переходе с позиции П5 на позицию 18 и контактора 35 при переходе с позиции 18 на позицию 19 (в), контактора без дугогашения (г)

Таблица XI-7

Основные технические данные контактов групповых переключателей и реверсоров

Тип кулачкового переключателя или реверсора	Силовые контакты					Блокировочные контакты				
	Ток длит., А	Напряжение максим., В	Число контактов	Раствор, мм	Провал, мм	Нажатие, кгс	Число контактов	Раствор, мм	Провал, мм	Нажатие, кгс
ПР-758А-1	750	900	8	—	2—3	4,5—6,5	75	6	—	2,0—3,0
ПР-720	830	900	8	—	2—3	4,5—6,5	75	6	—	2,0—3,0
ПР-1М	830	900	12	—	2—3	5—6	75	6	—	2,0—3,0
ППК-8061,	850	900	24	10	3—5	25—30	75	23,2р	Не менее 2,5	0,11—0,13
ППК-8063										
ППК-8062,	850	900	24	10	3—5	25—30	110	23,2р	Не менее 2,5	0,11—0,13
ППК-8064										

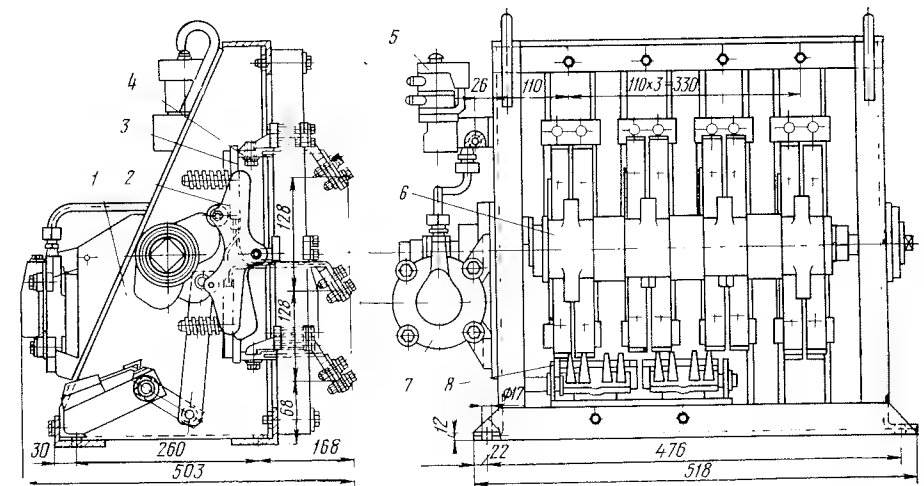


Рис. XI-40. Реверсор РК80А:

1 — каркас; 2 — рычаг; 3 — контакт подвижной; 4 — контакт неподвижный; 5 — вентиль электромагнитный; 6 — вал кулачковый; 7 — пневмопривод; 8 — блокировка

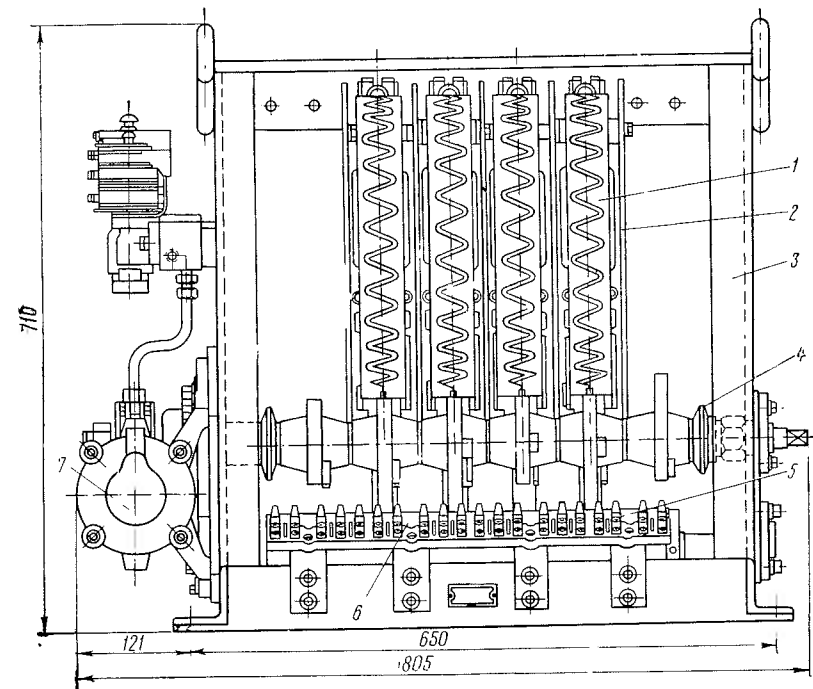


Рис. XI-41. Переключатель кулачковый групповой ПКГ-4А (ПКГ-6В):

1 — контактный элемент; 2 — перегородка; 3 — каркас; 4 — кулачковый вал; 5 — пальцы контакторные; 6 — блокировочный барабан; 7 — привод пневматический

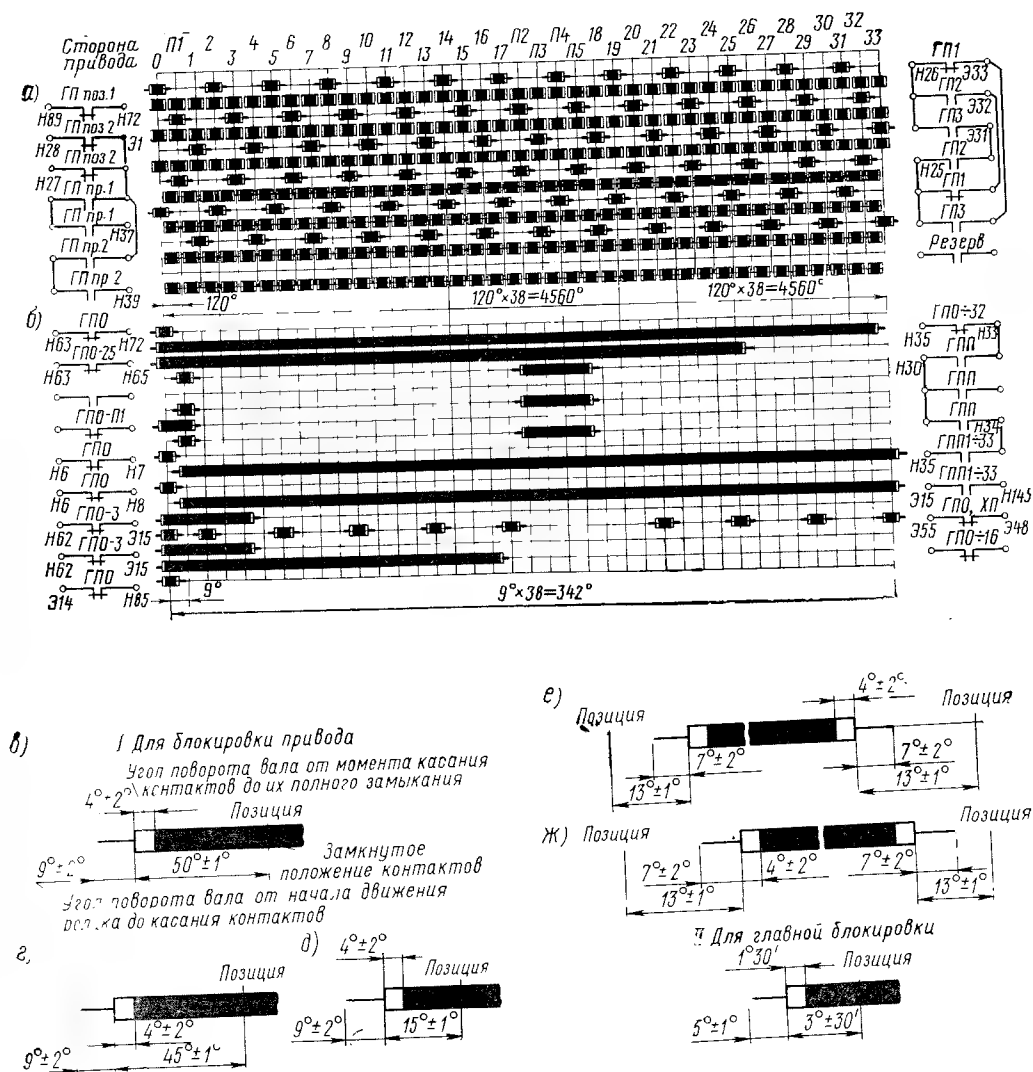


Рис. XI-39. Диаграмма замыкания блок-контактов ЭКГ-8Д:

а — вал главной электрической блокировки; б — вал электрической блокировки привода; в — шайбы кулачковые ГП1, ГП2, ГП3; г — шайбы кулачковые ГП поз. 2; д — ГП поз. 1; е — ГП пр. 1; ж — ГП пр. 2

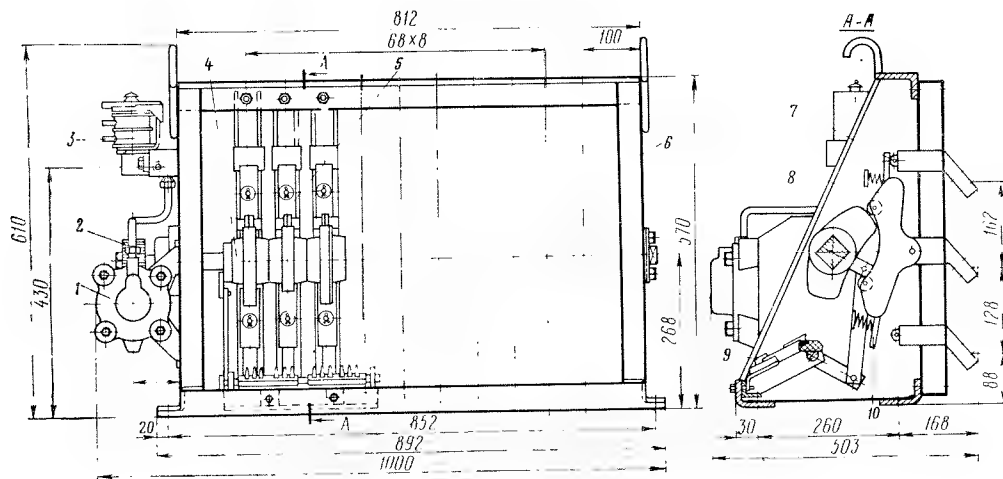


Рис. XI-42. Реверсор РК-8 и тормозной переключатель ТК-8:

1 — привод пневматический; 2 — шестерня; 3 — электромагнитный вентиль; 4 — кулачковый вал; 5 — элемент контактный; 6 — каркас; 7 — неподвижный контакт; 8 — рычаг; 9 — блокировки; 10 — подвижной контакт

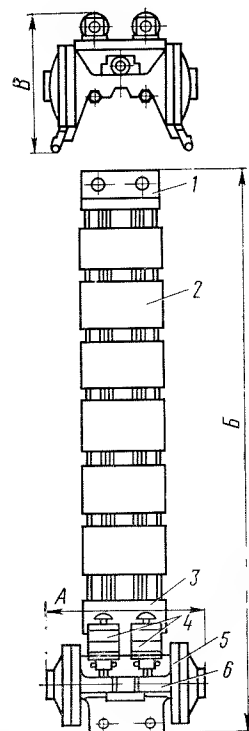


Рис. XI-43. Габаритный чертеж реверсоров барабанного типа ПР-1М, ПР-758А и ПР-720:

1 — стойка пальцедержателей; 2 — силовые сегменты; 3 — блокировочный барабан; 4 — катушка электропневматического вентиля; 5 — привод; 6 — воздухопровод

ХИ-8. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОНТАКТЫ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

На э. п. с. постоянного тока в цепи включения и выключения вспомогательных машин применены контакторы МК-15-01, а в цепи автоматического закорачивания

Рис. XI-44. Габаритный чертеж кулачковых переключателей типов ППК-8061 и ППК-8062:

1 — привод пневматический; 2 — воздухопровод; 3 — стойка кулачкового барабана; 4 — вентиль электропневматический

пусковых резисторов двигателя преобразователя и двигателя вентилятора — контакторы МКП. На э. п. с. переменного тока в цепи управления вспомогательным приводом и во вспомогательных цепях установлены контакторы КТПВ-521, КТПВ-522, КТПВ-523, КПП-603, КПП-111 и КПП-21/33; контакторы КПП-131 применены

в цепи подзаряда аккумуляторной батареи, а также в цепи пуска и динамического торможения серводвигателя главного контроллера ЭКГ-8. На электровах последних выпусков контактор КПП-131 в цепи сер-

водвигателя заменен на контакторы типа МК. Технические данные электромагнитных контакторов приведены в табл. XI-8 — XI-11, а основные габаритные размеры — на рис. XI-45 — XI-56.

Таблица XI-8

Основные технические данные электромагнитных контакторов МК

Тип контактора	Силовые контакты						Количество блок-контактов	Масса, кг	Серия локомотивов
	Количество	Длительный ток, А	Номинальное напряжение, В	Раствор, мм	Провал, мм	Начальное нажатие, кгс			
МК-15-01	1/0	14	3000	30—34	5—7	1,7—2,1	—	15,5	ВЛ22 ^м , ВЛ23, ВЛ8, ВЛ10
МК-63	2/0	50	380	5—7	3,4	1,3—1,9	2/2	6,35	ВЛ80 ^к
МК-66	1/1	50	380	6—7	2,5—3,0	1,3—1,9	—	6,5	ВЛ60 ^к , ВЛ80 ^к
				5,5—6,5	2,5—3,5	1,6—2,2			
МК-68	2,0	50	380	5—7	3—4	1,6—1,9	—	6,5	ВЛ80 ^к
МК-69	1,0	50	380	5—7	3—4	1,6—1,9	—	5,3	ВЛ80 ^к
МК-70	2/0								
МК-84	2,0	150	380	13—17	3—4	1,3—1,9	2/2	14,7	ВЛ80 ^к
МК-85	2,0	150	380	13—17	3—4	1,3—1,9	0/2	14,7	ВЛ80 ^к
МК-86	2/0	150	380	13—17	3—4	1,3—1,9	2/2	14,7	ВЛ80 ^к
МК-87	2/0	150	380	13—17	3—4	13—19	—	8,9	ВЛ80 ^к
МК-94	1,0	150	380	13—17	3—4	13—19	2/2	8,9	ВЛ80 ^к
МК-95	1/0	150	380	13—17	3—4	13—19	0/2	8,9	ВЛ80 ^к
МК-96	1,0	150	380	13—17	3—4	13—19	2/0	8,9	ВЛ80 ^к
МК-97	1,0	150	380	13—17	3—4	13—19	—	8,1	ВЛ80 ^к

Примечание. Все данные, приведенные в числителях, относятся к замыкающим контактам, в знаменателях — к размыкающим.

Таблица XI-9

Основные технические данные включающих катушек электромагнитных контакторов

Тип контактора	Количество витков	Диаметр провода (по меди), мм	Марка провода	Сопротивление при 20°С, Ом	Тип контактора	Количество витков	Диаметр провода (по меди), мм	Марка провода	Сопротивление при 20°С, Ом
КПП-21/33	5200	0,25	ПЭТВ	120—135	МК-66	3600	0,64	ПЭТВ	30,2
КПП-602	500 2200	0,44/0,41	ПЭЛ	55,5	МК-68÷69	4300	0,55	ПЭТВ	48
КПП-111	6630	0,33	ПЭВ-1	189	МК-70	2010	0,64	ПЭТВ	48
КТПВ-521	3200	0,23/0,33	ПЭВ-1	68	МК-84÷97	4600	0,64	ПЭТВ	47
КТПВ-522	4100	0,55	ПЭВ-1	49,6	МК-310Б	4840	0,55	ПЭЛ	61
КТПВ-523	3500	0,64	ПЭВ-1	45	МКП-23А	120	1,56	ПБД	0,13
МК-15-01	4840	0,55	ПЭЛ	61	МКП-23Б	350	1,46	ПСД	5
МК-63	4300	0,55	ПЭТВ	48					

Примечания. 1. В числителях указаны данные для наружной навивки, в знаменателе — для внутренней.

2. Контакторы рассчитаны на напряжение 48 В.

Таблица XI-10

Основные технические данные электромагнитных контакторов КП, КПД, КТПВ

Тип контактора	Силовые контакты						Блокировочные контакты						Серия электро-воза
	Количество	Длинейный ток, А	Номинальное напряжение, В	Раствор, мм	Провал, мм	Начальное нажатие, кгс	Количество	Ток, А	Раствор, мм	Провал, мм	Конечное нажатие, кгс	Масса, кг	
КП-21/33	3/3	5	50	8	2,5—3,5	0,08—0,12	—	—	—	—	—	2,5	ВЛ60 ^к , ВЛ80 ^к
КПВ-603	1/0	150	380	14—18	2,4—3,0	1,2—1,5	2/2	10	4,0	2—4	0,1	9,4	ВЛ60 ^к
КПД-131	1/1	25	50	8	2—4	0,3	—	—	—	—	—	4,0	ВЛ60 ^к
КПМ-111	1/0	80	220	8	1—1,5	0,25	0/2	10	6	2,5	0,2	4,0	ВЛ8, ВЛ10, ВЛ60 ^к
КТПВ-521	2/0	50	380	11—15	2,0—2,6	0,4—0,5	2/2	10	4,0	1,5—2,0	0,1	6,0	ВЛ60 ^к
КТПВ-522	2/0	100	380	12—16	2,2—2,8	0,6—0,8	2/2	10	4,0	1,5—2,0	0,1	10,2	ВЛ60 ^к
КТПВ-523	2/0	150	380	13—17	2,7—3,3	1,3—1,6	2/2	10	4,0	1,5—2,0	0,1	13	ВЛ60 ^к

Примечание. В числителе везде приведены данные для замыкающих контактов, в знаменателе — для размыкающих.

Таблица XI-11

Основные технические данные электромагнитных контакторов МК-310Б и МКП

Тип контактора	Силовые контакты					Количество блок-контактов*	Масса, кг	Серия электровоза
	Количество силовых контактов	Номинальный ток*, А	Номинальное напряжение, В	Раствор, мм	Провал, мм			
МК-310Б-1*	1	25	3000	30—34	7—9	1/1	28,4	ВЛ22 ^м , ВЛ23, ВЛ8, ВЛ10
МК-310Б-2*	1	50	3000	30—34	7—9	1/1	28,4	ВЛ22 ^м , ВЛ23, ВЛ8, ВЛ10
МКП-23А	1	11/1,25	3000	10—14	4,5—6,5	1—1,8	6,2	ВЛ8
МКП-23В	1	20/7	3000	10—14	4,5—6,5	1—1,8	6,2	ВЛ23, ВЛ8
МКП-23Г	1	11/1	3000	10—14	4,5—6,5	1—1,8	7,2	ВЛ10
МКП-23Д	1	25/2,5	3000	10—14	4,5—6,5	1—1,8	6,9	ВЛ10

* В числителе дан ток замыкания контактов, в знаменателе — ток отпадания.

** В числителе приведено число замыкающих контактов, в знаменателе — размыкающих.

** У контакторов МК-310Б-1 и МК-310Б-2 силовые контакты имеют начальное нажатие 0,8—1,3 кгс, номинальный ток их блок-контактов равен 5 А, раствор блок-контактов 9—16 мм, провал 4—6 мм, нажатие 0,15—0,25 кгс.

Рис. XI-45. Контакт КТПВ-521:

1 — катушка; 2 — якорь; 3 — дугогасительная камера; 4 — подвижной контакт; 5 — блокировка; 6 — ярмо; 7 — пластина

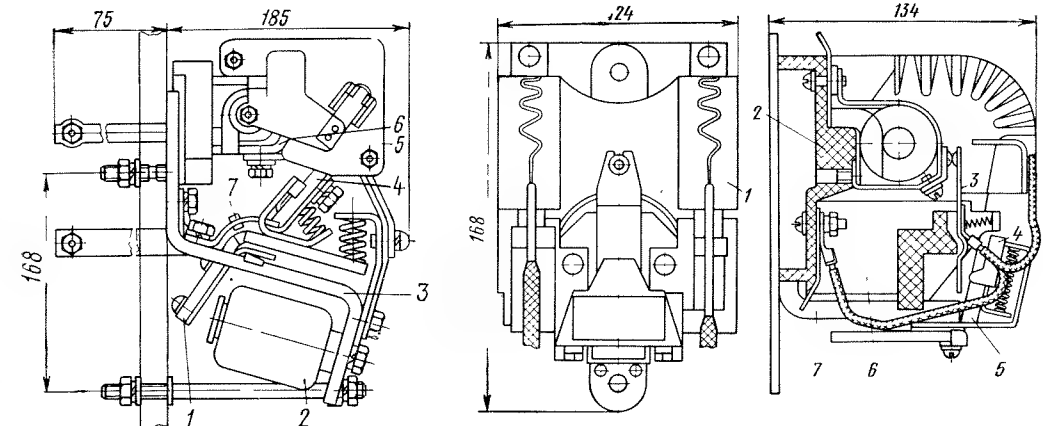
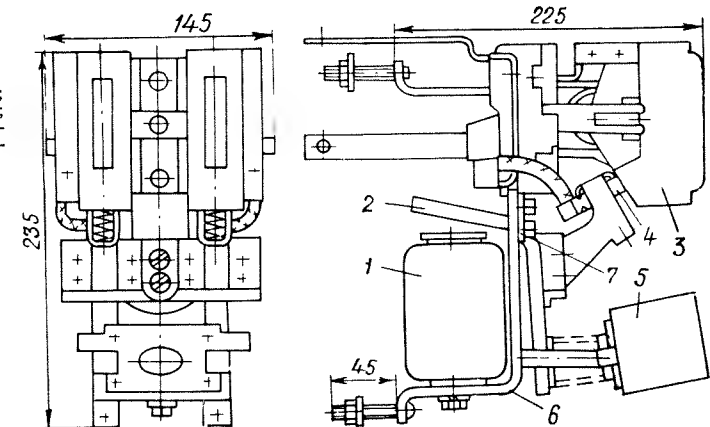


Рис. XI-46. Контакт КТВ-603:

1 — якорь; 2 — катушка; 3 — ярмо; 4 — подвижной контакт; 5 — дугогасительная камера; 6 — неподвижный контакт; 7 — встречная призма с пружиной

Рис. XI-47. Контакт КТВ-131:

1 — дугогасительная камера; 2 — основание; 3 — подвижной контакт; 4 — упорная колодка; 5 — якорь; 6 — катушка; 7 — ярмо

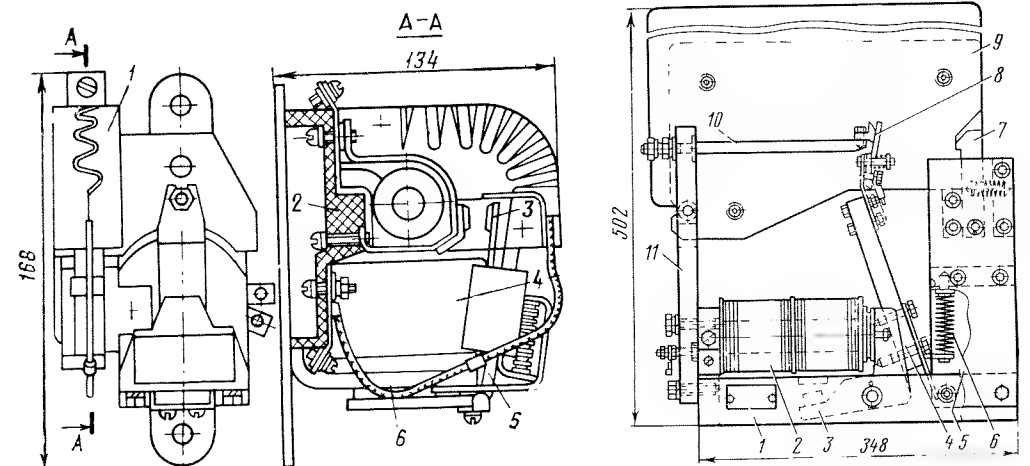


Рис. XI-48. Контакт КТВ-111:

1 — дугогасительная камера; 2 — основание; 3 — подвижной контакт; 4 — катушка; 5 — якорь; 6 — ярмо

Рис. XI-49. Контакт МК-15-01:

1 — магнитопровод; 2 — включающая катушка; 3 — якорь; 4 — рычаг; 5 — стенка; 6 — выключающая пружина; 7 — защелка; 8 — подвижной контакт; 9 — асбестоцементная перегородка; 10 — стойка с неподвижным контактом; 11 — стойка

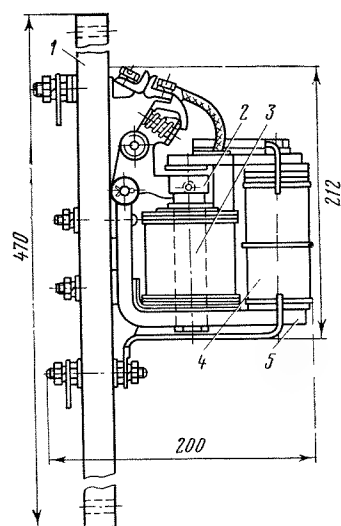


Рис. XI-50. Контактор МКП-23:
1 — панель; 2 — якорь; 3 — удерживающая катушка; 4 — включающая катушка; 5 — ярмо

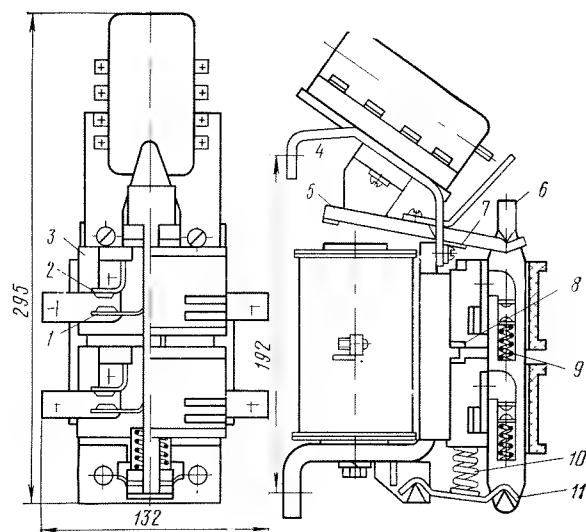


Рис. XI-51. Контактор МК-63:
1 — подвижной контакт; 2 — неподвижный контакт; 3 — изоляционная панель; 4 — блокировочные контакты; 5 — якорь; 6 — траверса; 7 — упор; 8 — пластина; 9 — пружина; 10 — отключающая пружина; 11 — коромысло

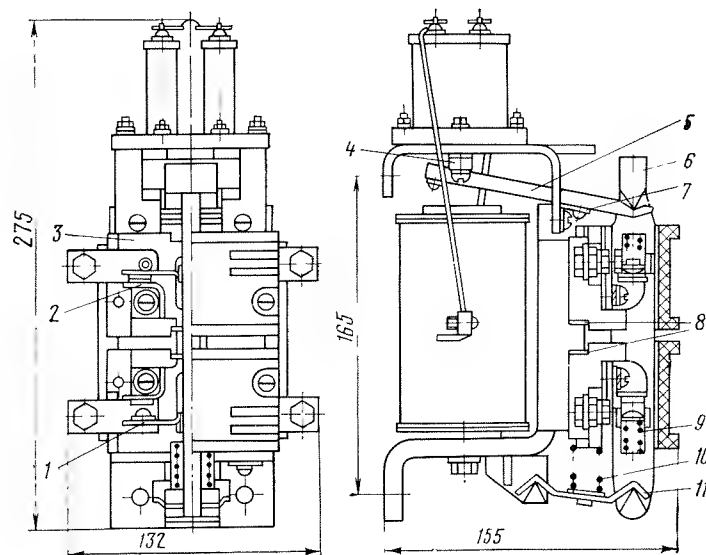


Рис. XI-52. Контактор МК-66:
1 — подвижной контакт; 2 — неподвижный контакт; 3 — изоляционная панель; 4 — блок-контакт; 5 — якорь; 6 — траверса; 7 — упор; 8 — пластина; 9 — пружина; 10 — отключающая пружина; 11 — коромысло

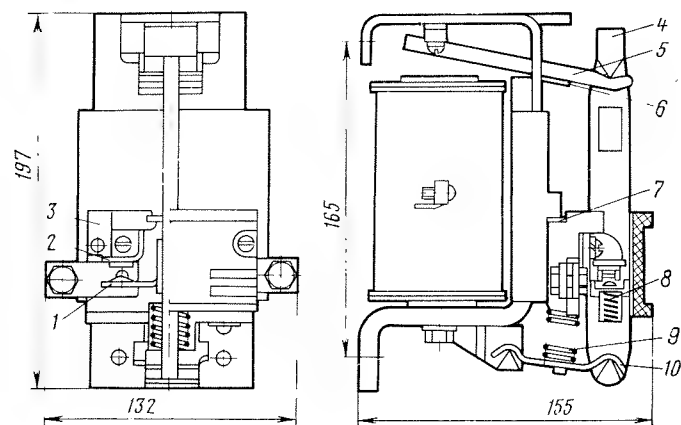


Рис. XI-53. Контактор МК-69:
1 — подвижной контакт; 2 — неподвижный контакт; 3 — изоляционная панель; 4 — траверса; 5 — якорь; 6 — упор; 7 — пластина; 8 — пружина; 9 — отключающая пружина; 10 — коромысло

Рис. XI-54. Контактор МК-70:
1 — подвижной контакт; 2 — неподвижный контакт; 3 — изоляционная панель; 4 — блокировочные контакты; 5 — траверса; 6 — якорь; 7 — упор; 8 — пластина; 9 — пружина; 10 — отключающая пружина; 11 — коромысло

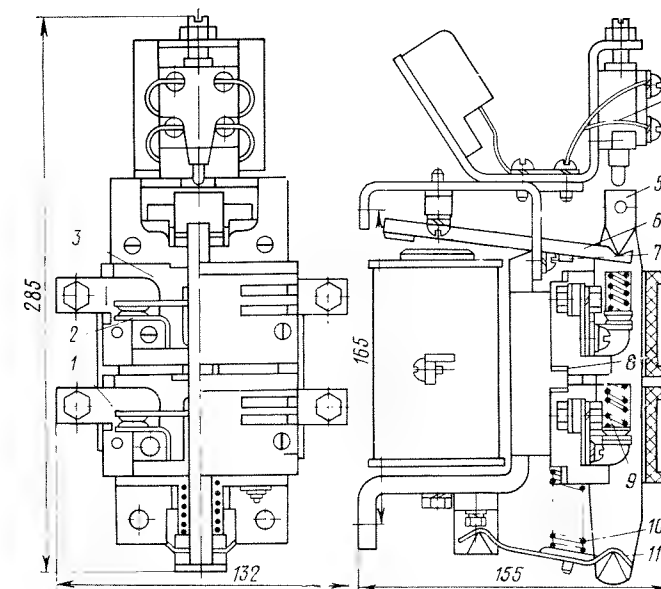


Рис. XI-55. Контактор МК-94-96:
1 — якорь; 2 — пластина; 3 — колодка; 4 — дугогасительная камера; 5 — подвижной контакт; 6 — пластина

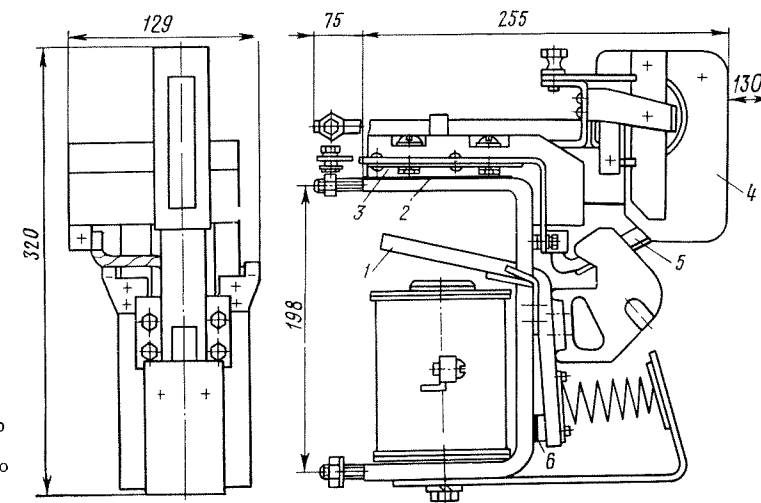
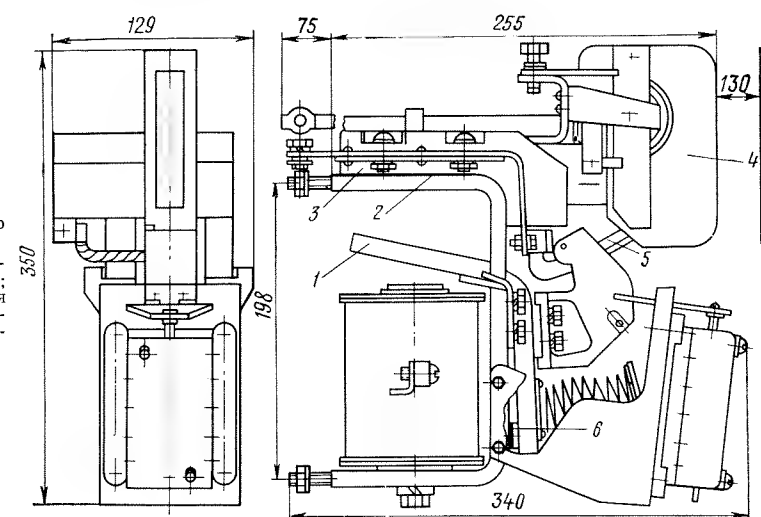


Рис. XI-56. Контактор МК-97:
1-6 — то же, что на рис. XI-55

ХИ-9. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОНТАКТОРЫ ТЕПЛОВЗОВ

Основные сведения об электромагнитных контакторах тепловззов приведены в табл. ХИ-12 — ХИ-14.

Таблица ХИ-12

Назначение, привод и габаритные размеры электромагнитных контакторов

Тип контактора	Серия тепловзза	Цепь, в которой установлен контактор	Масса, кг	Габаритные размеры, мм (рис. ХИ-57—ХИ-61)		
				А	Б	В
КПД-46А-1	ТЭ1, ТЭ2	Пуска дизеля	13,5	170	360	130
КПД-45Б-1	ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1	Ослабления поля	13,5	170	360	130
КПМ-220А-10	ТЭ1, ТЭ2	Возбуждения генератора	5,5	140	260	182
КПМ-220В-10	ТЭ1, ТЭ2	Возбуждения возбудителя, заряда батарей	5,5	140	260	182
ТКПМ-111	ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭП10Л, ТЭ10Л, ТЭ10В, ТЭ116, ТЭП60, М62, ТЭ10В	Возбуждения генератора и возбудителя, заряда батарей, включения насосов	4,0	142	195	115
ТКПМ-121	ТЭМ2, ТЭП10Л, ТЭ10Л, ТЭП60, М62, ТЭ10В	Возбуждения генератора и возбудителя, включения насосов	5,0	138	195	130
ТКПД-111	ТЭ3, ТЭ7, ТЭ109, ТЭ116	Включения топливного насоса	4,0	138	195	115
ТКПД-121	ТЭ3, ТЭ7	Возбуждения генератора	5,0	138	195	130
ТКПД-121А	ТЭ10, ТЭП10	Включения масляного насоса	5,0	138	195	130
ТКПД-114В	ТЭМ2, ТЭ3, ТЭ7, ТЭ116, ТЭ109	Возбуждения генератора, пуска дизеля, ослабления поля	11,6 16,7	188 275	315 350	112 128
КПВ-504	ТЭМ1, ТЭМ2	Пуска дизеля	9,4	185	350	200
КПВ-603	ТЭ10, ТЭП10	Возбуждения генератора, заряда батарей	16,9	230	360	90
КПВ-604	ТЭМ2, ТЭ3, ТЭ7, ТЭ10, М62, ТЭП10, ТЭП10Л, ТЭ10Л, ТЭП60, ТЭ10В	Пуска дизеля				

Таблица ХИ-13

Основные технические данные контактов электромагнитных контакторов

Тип контактора	Слловые контакты						
	Ток длительный, А	Напряжение максимальное, В	Число контактов	Раствор, мм	Провал, мм	Нажатие начальное, кгс	Нажатие конечное, кгс
КПД-46А-1	400	900	1	17—18	8—10	4,0—5,0	8,5—10,0
КПД-45Б-1	400	900	1	17—18	2,5—5,5	3,2—3,8	6,4—7,3
КПМ-220А-10	80	220	1	8—10	5—7	0,6—0,75	1,4—1,6
КПМ-220В-10	80	220	1	8—10	5—7	0,6—0,75	1,4—1,6
ТКПМ-111	80	220	1	8	4	0,25	0,7
ТКПМ-121	80	220	2	8	4	0,25	0,7
ТКПД-111	60	220	1	8	4	0,25	0,7
ТКПД-121	60	220	2	8	4	0,25	0,7
ТКПД-121А	60	220	2	8	4	0,25	0,7
ТКПД-114В	400	550	1	16	6	1,5	3,2
КПВ-504	300	220	1	13—17	3,1—3,7	2,7—3,3	6,0—7,0
КПВ-603	150	220	1	14—18	2,4—3,0	1,2—1,5	2,8—3,3
КПВ-604	300	220	1	18—22	3,1—3,7	2,8—3,3	5,0—6,0

Продолжение табл. ХИ-13

Тип контактора	Блокнровочные контакты					
	Ток длительный, А	Число контактов	Раствор, мм	Провал, мм	Нажатие начальное, кгс	Нажатие конечное, кгс
КПД-46А-1	10	1з, 1р	55—60	2—3 3—4	—	0,06—0,10
КПД-45Б-1	10	1з, 1р	55—60	2—3 3—4	—	0,06—0,10
КПМ-220А-10	10	1з, 1р	7—8	3,5—4,5	0,06—0,10	0,27—0,33
КПМ-220В-10	10	2р	7—8	3,5—4,5	0,06—0,10	0,27—0,33
ТКПМ-111	10	2р	6	2,5	0,1	0,2
ТКПМ-121	10	1з, 1р	6	2,5	0,1	0,2
ТКПД-111	10	2р	6	2,5	0,06	0,15
ТКПД-121	10	1з, 1р	6	2,5	0,06	0,15
ТКПД-121А	10	2р	6	2,5	0,06	0,15
ТКПД-114В	10	1з, 1р	6	2,5	—	0,1
КПВ-504	10	2з, 2р	4,0 3,5	1,5—2,0	—	—
КПВ-603	10	2з, 2р	4,0 3,5	2—4	—	0,1
КПВ-604	10	2з, 2р	4,0 3,5	2—4	—	0,1

Примечания. 1. Буква «з» обозначает замыкающие контакты, «р» — размыкающие.
2. В числителе везде приведены данные для замыкающих контактов, в знаменателе — для размыкающих.

Таблица ХИ-14

Основные технические данные включающей и дугогасительной катушек контакторов электромагнитных

Тип контактора	Включающая катушка						Дугогасительная катушка			
	Ток длитель- ный, А	Напряжение номинальное, В	Марка провода	Диаметр голо- го провода, мм	Диаметр изолирован- ного провода, мм	Количество витков	Сопротивле- ние при 20° С, Ом	Марка провода	Сечение и диаметр провода, мм	Количество витков
КПД-46А-1	2,15	75	ПЭЛ	0,86	0,92	1564	7,9	МГМ	6×22	4,75
КПД-45Б-1	0,63	75	ПЭЛ	0,47	0,52	5440	92,1	МГМ	6×22	4,75
КПМ-220А-10	0,34	75	ПЭЛ	0,29	0,315	7200	220	МГТ	2,1×10	10
КПМ-220В-10	0,34	75	ПЭЛ	0,29	0,315	7200	220	МГТ	2,1×10	10
ТКПМ-111	—	75	ПЭВ-1	0,33	0,37	6630	189	МГМ	2,44×11,6	7
ТКПМ-121	—	75	ПЭВ-1	0,33	0,37	6630	189	МГМ	2,44×11,6	7
ТКПД-111	—	75	ПЭВ-1	0,33	0,37	6630	189	МГМ	1,56×11,6	10
ТКПД-121	—	75	ПЭВ-1	0,33	0,37	6630	189	МГМ	1,56×11,6	10
ТКПД-121А	—	75	ПЭВ-1	0,33	0,37	6630	189	МГМ	1,56×11,6	10
ТКПД-114В	—	75	ПЭВ-1	0,44	0,48	6840	143	МГМ	8×16	4
КПВ-504	0,67	75	ПЭЛ	0,51	0,56	2300	103	МГМ	6×15,6	4
КПВ-603	0,53	75	ПЭЛ	0,47	0,52	2500	120	МГМ	2,83×13,5	6
				0,32	0,42	1900				
КПВ-604	0,67	75	ПЭВ-1	0,35	0,39	2000	103	МГМ	6×15,6	4
				0,51	0,56	2300				
				0,47	0,52	2500				

Примечание. Величины, приведенные в числителе, везде относятся к наружной навивке, в знаменателе — к внутренней.

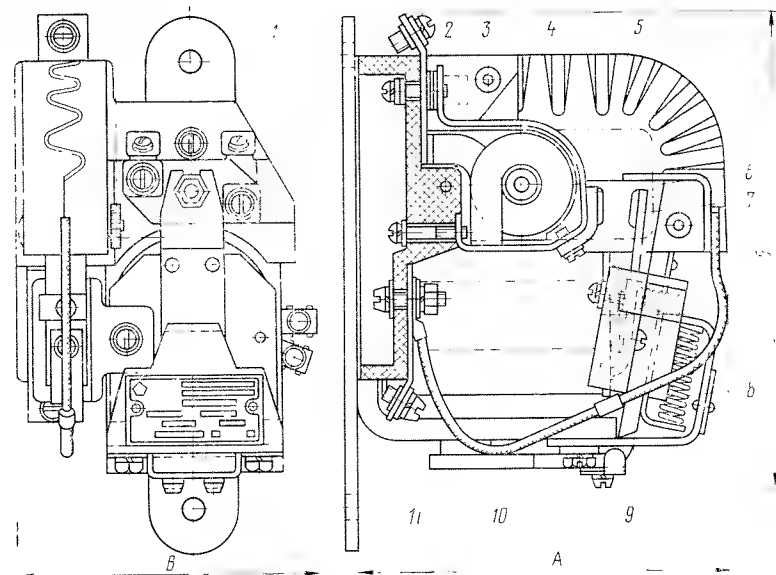


Рис. XI-57. Габаритный чертеж электромагнитных контакторов ТКПМ-111:
1 — блок-контакт; 2 — основание; 3 — камера дугогасительная; 4 — дугогасительная катушка; 5 — полюс; 6 — неподвижный контакт; 7 — подвижной контакт; 8 — пружина главная; 9 — якорь; 10 — включающая катушка; 11 — ярмо

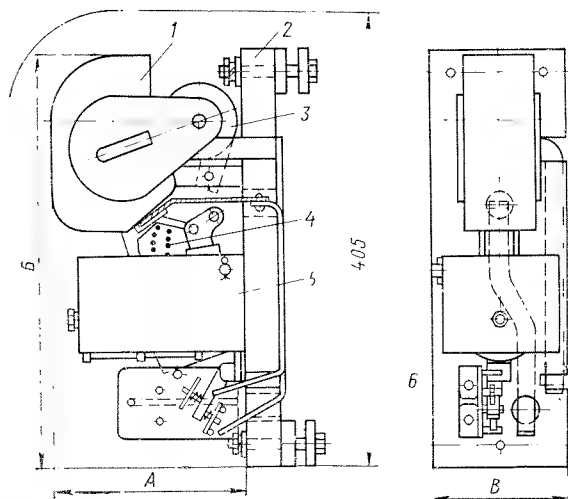


Рис. XI-58. Габаритный чертеж электромагнитных контакторов КПД 46А, КПД 45В и КПМ-220:
1 — дугогасительная камера; 2 — изоляционная планка; 3 — дугогасительная катушка; 4 — пружина главная; 5 — включающая катушка; 6 — блок-контакт

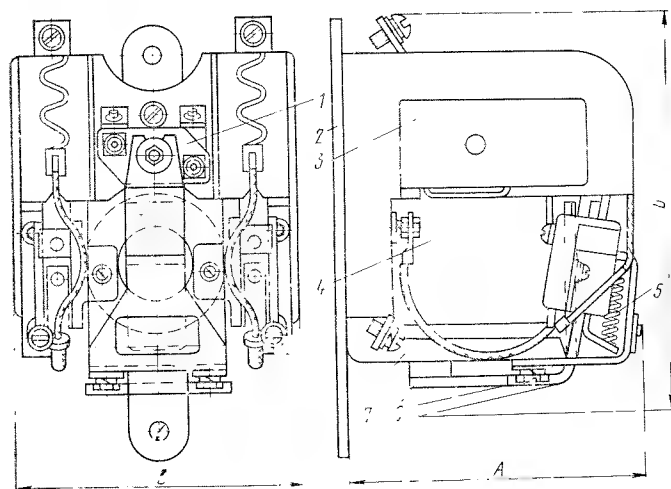


Рис. XI-59. Габаритный чертеж электромагнитных контакторов ТКПМ-121 и ТКПД-121:
1 — блок-контакт; 2 — доска изоляционная; 3 — камера дугогасительная; 4 — включающая катушка; 5 — пружина главная; 6 — якорь; 7 — ярмо

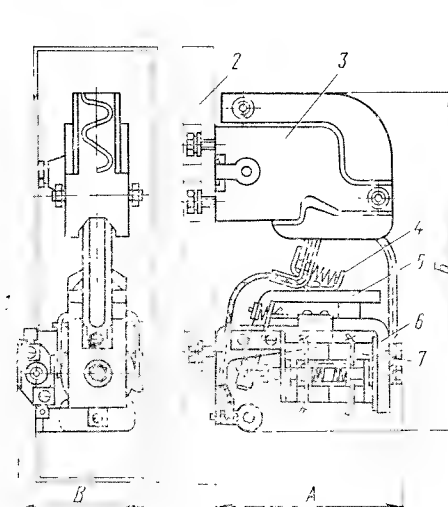


Рис. XI-60. Габаритный чертеж электромагнитных контакторов ТКПД-114В:
1 — блок-контакт; 2 — доска изоляционная; 3 — камера дугогасительная; 4 — пружина; 5 — якорь; 6 — ярмо; 7 — включающая катушка

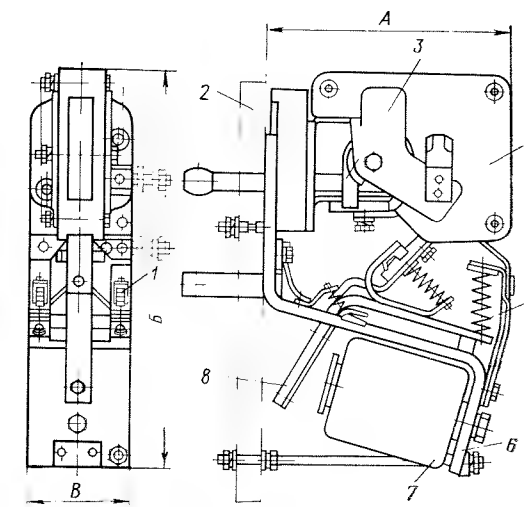


Рис. XI-61. Габаритный чертеж электромагнитных контакторов КРВ-504 и КРВ-604:
1 — блок-контакт; 2 — изоляционная планка; 3 — дугогасительная катушка; 4 — дугогасительная камера; 5 — пружина главная; 6 — ярмо; 7 — включающая катушка; 8 — якорь

XI-10. ЭЛЕКТРОПНЕМАТИЧЕСКИЕ КОНТАКТОРЫ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В зависимости от исполнения электропневматические контакторы используют в качестве: линейных, предназначенных для оперативных отключений и включений си-

ловых цепей; реостатных — для переключения ступеней пусковых или тормозных резисторов; контакторов ослабления возбуждения.

Технические данные электропневматических контакторов, приведены в табл. XI-15, а основные габаритные размеры показаны на рис. XI-62 — XI-65.

Таблица XI-15

Основные технические данные электропневматических контакторов

Тип контактора	Силовые контакты						Блокировочные контакты			Масса, кг	Серия локомотивов
	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Раствор, мм	Провал, мм	Начальное нажатие, кгс	Конечное нажатие, кгс	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Нажатие, кгс		
ПК-06÷11	350	3000	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	26,3—28,8	ВЛ8
ПК-14÷19	350	3000	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	12,5—14,3	ВЛ8, ВЛ10 ВЛ60 ^к , ВЛ80 ^к
ПК-21÷26	500	3000	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	25—28	ВЛ8, ВЛ10, ВЛ80 ^к
ПК-31÷36	500	3000	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	28—31	ВЛ8, ВЛ10
ПК-41÷46	500	3000	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	35—38	ВЛ8, ВЛ10
ПК-56	500	3000	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	23	ВЛ60 ^к
ПК-63	1300	1500	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	35—38	ВЛ60 ^к
ПК-84÷89	600	3000	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	23	ВЛ80 ^к
ПК-96÷101	1300	1500	24—27	10—12	3,5—5	27	5	50	1—2,5	26	ВЛ80 ^к
ПК-301÷304	350	3000	24—27	4—5,5	3,5—5	27—32	5	50	1—2,5	29,6	ВЛ22, ВЛ23
ПК-305А	250	3000	21—22	9—12	2—3	38—40	10	50	1—2,5	—	ВЛ22, ВЛ23
ПК-306Т	250	3000	21—24	9—12	—	4,2—5	5	50	1—2,5	37	ЭР1, ЭР2, ЭР9
ПК-306Ф	400	3000	21—24	9—12	3,4—5	7—8,5	5	110	1—2,5	37	ЭР9
ПК-350А	250	3000	21—24	9—12	—	38—40	5	—	1—2,5	30,0	ЭР1
ПК-350В	250	3000	21—24	9—12	—	38—40	5	—	1—2,5	30,0	ЭР2

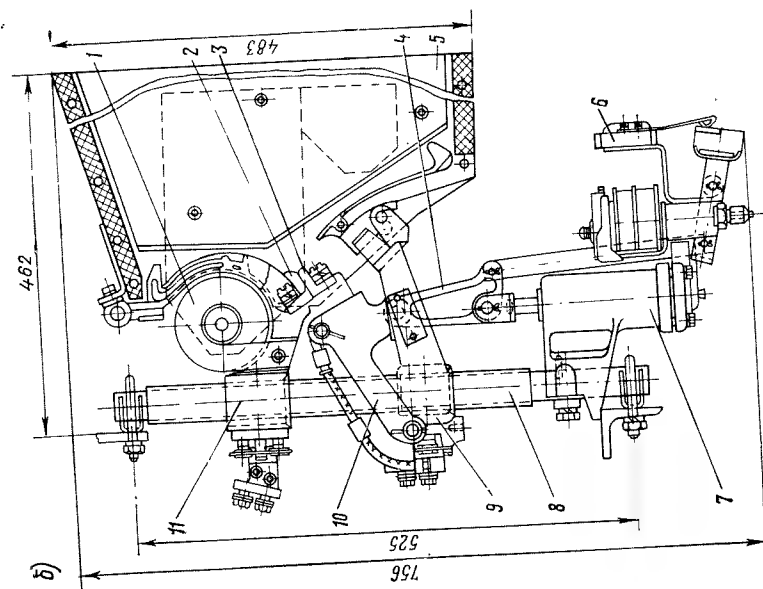


Рис. XI-62. Электропневматические контакторы ПК-21÷26 (а) и ПК-41÷46 (б):
1 — катушка дугогасительная; 2 — контакт неподвижный; 3 — тяга подвижной; 4 — тяга изоляционная; 5 — камера дугогасительная; 6 — блокировка; 7 — привод пневматический; 8 — стержень; 9 — кронштейн подвижного контакта; 10 — рычаг; 11 — кронштейн неподвижного контакта

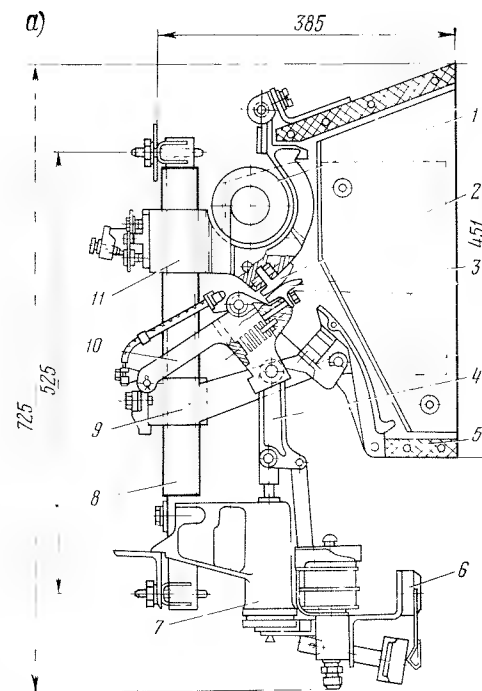
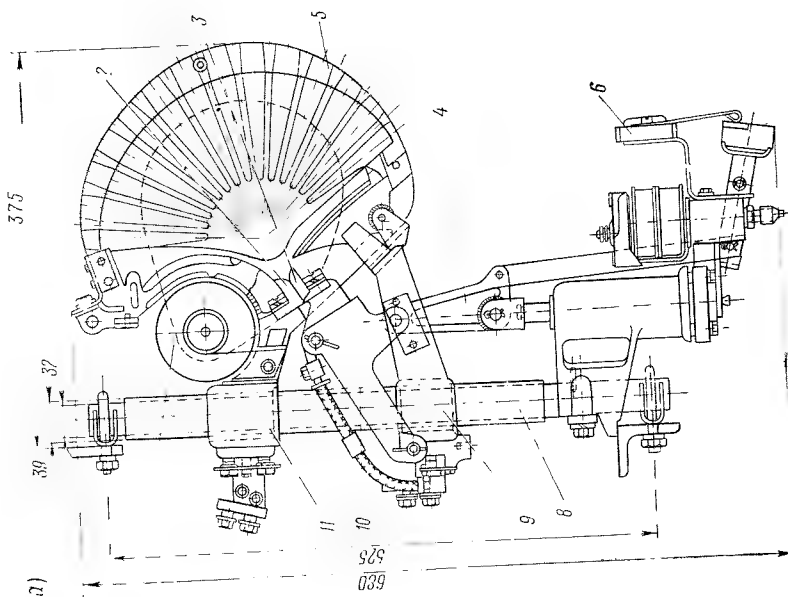


Рис. XI-63. Электропневматические контакторы ПК-06÷11 (а) и ПК-14÷19 (б):
1—11 — то же, что на рис. XI-62

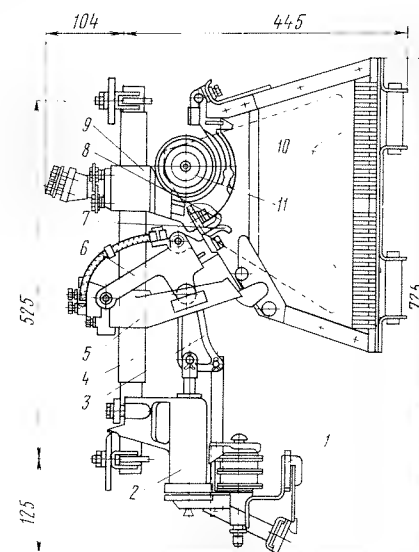
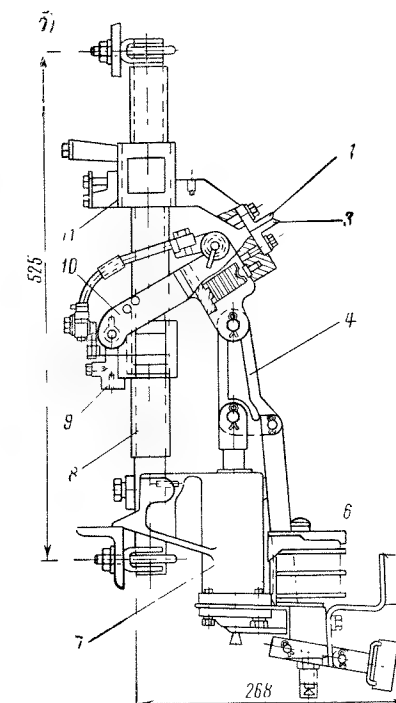


Рис. XI-64. Электропневматический контактор ПК-56, ПК-84÷89:

1 — блокировочные контакты; 2 — пневматический привод; 3 — тяга; 4 — изолированный стержень; 5 — кронштейн подвижного контакта; 6 — рычаг подвижного контакта; 7 — подвижной контакт; 8 — неподвижный контакт; 9 — кронштейн неподвижного контакта; 10 — дугогасительная камера; 11 — дугогасительная катушка

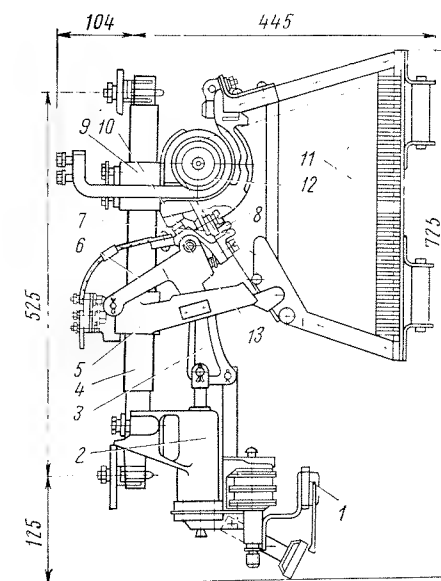


Рис. XI-65. Электропневматический контактор ПК-96÷101:

1 — блокировочные контакты; 2 — пневматический привод; 3 — тяга; 4 — изолированный стержень; 5 — кронштейн подвижных контактов; 6 — рычаг подвижных контактов; 7 — главный подвижной контакт; 8 — главный неподвижный контакт; 9 — кронштейн неподвижных контактов; 10 — разрывной неподвижный контакт; 11 — дугогасительная камера; 12 — дугогасительная катушка; 13 — разрывной подвижной контакт

ХИ-11. ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНТАКТОРЫ ТЕПЛОВОЗОВ

Электропневматические контакторы типа ПК применяют в цепях включения электродвигателей, а ПКГ — в цепях ослабления возбуждения. Основные данные этих контакторов приведены в табл. ХИ-16 и ХИ-17.

Таблица ХИ-16

Назначение, привод и габаритные размеры электропневматических контакторов									
Тип контактора	Серия тепловоза	Масса, кг	Привод				Габаритные размеры, мм (рис. Х1-66, Х1-67)		
			Диаметр диафрагмы или поршня, мм	Ход, мм	Тип вклю- чающего вентилля	Давление воздуха, кгс/см ²	А	Б	В
ПК-753А-1	ТЭ1, ТЭ2	27,8	58	23	ВВ-3	3,5—7,0	460	494	128
ПК-754	ТЭ10, ТЭП10	28,5	58	23	ВВ-3	3,5—7,0	460	494	128
ПК-753Б-1	ТЭ3, ТЭ7	30	58	23	ВВ-3	3,5—7,0	460	494	128
ПК-753Б-2	ТЭМ1	30	58	23	ВВ-32	3,5—7,0	460	494	128
ПК-753Б-3	ТЭМ1	30	58	23	ВВ-32	3,5—7,0	460	494	128
ПК-753Б-5	2ТЭ116	30	58	23	ВВ-32	3,5—7,0	460	494	128
ПК-753Б-6	ТЭП10Л, 2ТЭ10Л, ТЭМ2 ТЭП60, М62, 2ТЭ10В	30	58	23	ВВ-32	3,5—7,0	460	494	128
ПК-753Б-7	ТЭ109	30	58	23	ВВ-32	3,5—7,0	460	494	128
ПКГ-560	ТЭ10, ТЭП10	30	160	13	ВВ-3	3,5—7,0	315	545	250
ПКГ-561	ТЭ109	30	160	13	ВВ-3	3,5—7,0	315	545	250
ПКГ-565	ТЭП10Л, 2ТЭ10Л, М62	30	160	13	ВВ-3	3,5—7,0	315	545	250
ПКГ-566	2ТЭ116, 2ТЭ10В, ТЭП60	30	160	13	ВВ-3	3,5—7,0	315	545	250

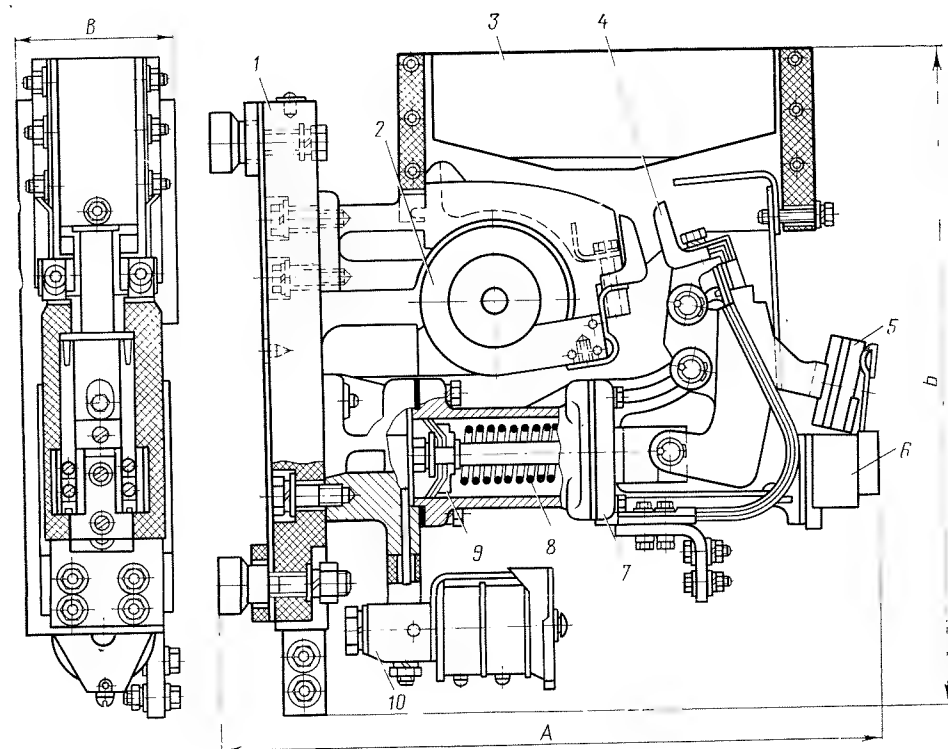


Рис. ХИ-66. Габаритный чертеж электропневматических контакторов ПК-754 и ПК-753:
1 — изоляционная доска; 2 — дугогасительная катушка; 3 — дугогасительная камера; 4 — контакт подвижной; 5 — блок-контакты; 6 — пальцы контактные; 7 — цилиндр; 8 — пружина; 9 — поршень; 10 — вентиль электропневматический

Рис. ХИ-67. Габаритный чертеж электропневматических контакторов ПК-560:

1 — крышка; 2 — корпус; 3 — контакт; 4 — рама верхняя; 5 — пружина; 6 — кронштейн; 7 — рама нижняя; 8 — контакт неподвижный; 9 — электропневматический вентиль

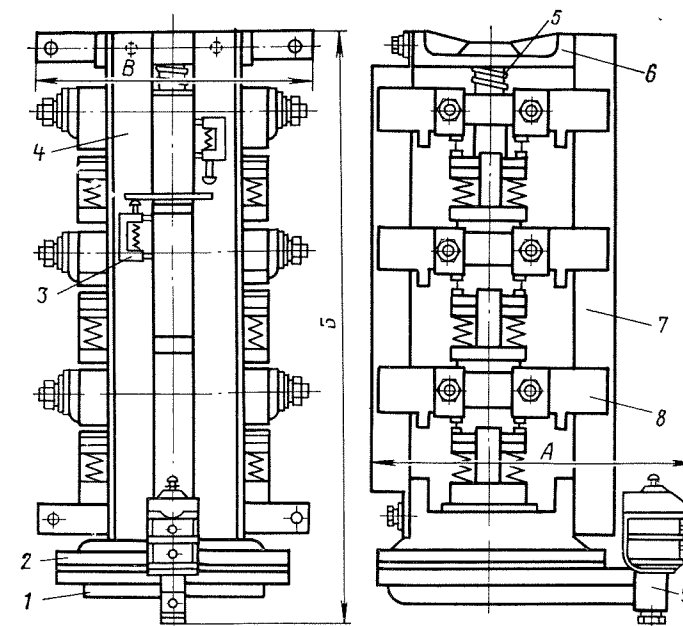


Таблица ХИ-17

Основные технические данные контактов электропневматических контакторов

Тип контактора	Силовые контакты					Блокировочные контакты				
	Ток длит., А	Напряжение номин., В	Раствор, мм	Провал, мм	Нажатие, кгс	Ток длит., А	Напряжение номин., В	Число контактов	Провал, мм	Нажатие, кгс
ПК-753А-1	750	750	14,5—16,5	13—15	55—63	5	75	1з, 1р	2—3	1,0—1,25
ПК-754	830	540	14,5—16,5	13—15	55—63	5	75	2з, 1р	2—3	1,0—1,25
ПК-753Б-1	830	540	14,5—16,5	13—15	55—63	5	75	1з	2—3	1,0—1,25
ПК-753Б-2	830	540	14,5—16,5	13—15	55—63	5	75	1з, 2р	2—3	1,0—1,25
ПК-753Б-3	830	540	14,5—16,5	13—15	55—63	5	75	2з, 1р	2—3	1,0—1,25
ПК-753Б-5	830	540	14,5—16,5	13—15	55—63	5	75	2з, 1р	2—3	1,0—1,25
ПК-753Б-6	830	540	14,5—16,5	13—15	55—63	5	75	2з, 1р	2—3	1,0—1,25
ПК-753Б-7	830	540	14,5—16,5	13—15	55—62	5	110	1з, 2р	2—3	1,0—1,25
ПКГ-560	450	—	6	4	2×12	2	75	2з, 2р	—	0,11—0,13
ПКГ-561	450	—	6	4	2×12	2	75	2з, 2р	—	0,11—0,13
ПКГ-565	450	—	6	4	2×12	2	75	2з, 2р	—	0,11—0,13
ПКГ-566	450	—	6	4	2×12	2	110	2з, 2р	—	0,11—0,13

ХИ-12. КОНТАКТОРЫ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА ОТ ПЕРЕГРУЗОК

На некоторых типах электроподвижного состава для защиты от перегрузок применяют специальные контакторы (табл. ХИ-18), рассчитанные на отключение больших токов. На электровозах ВЛ8, ВЛ23, ВЛ10 и ВЛ82 такие контакторы (КВЦ, МК-101) используют для защиты от перегрузок вспомогательных машин или тяговых двигателей в режиме рекуперации (БК-2). На моторвагонных секциях старых выпусков (С^р, С₃^р) защита силовой цепи

осуществляется линейными контакторами. Контакторы не имеют устройства для автоматического отключения при увеличении тока в их цепи. Обычно они отключаются с помощью реле перегрузки (ЛК-300Г-4, ЛК-300ГМ рис. ХИ-68 и ХИ-69) или дифференциального реле (КВЦ, МК-101). Исключением является быстродействующий контактор БК-2, который имеет дополнительное устройство, вызывающее его отключение при значительных токах перегрузки.

Основные характеристики контакторов, применяемых для защиты э. п. с. от перегрузок, приведены на рис. ХИ-70 — ХИ-82.

Таблица XI-18

Основные технические данные контакторов защиты от перегрузок

Показатели	Контакторы типов				
	ЛК-300Г-4	ЛК-300ГМ	КВЦ	МК-101	БК-2
Серия электроподвижного состава	СР	СР ₃	ВЛ10, ВЛ23, ВЛ18	ВЛ32, ВЛ23	ВЛ22М, ВЛ18, ВЛ10
Номинальное напряжение, кВ	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Номинальный ток, А	250	250	75	120	600
Наибольший отключаемый ток к. з., А, при номинальном напряжении и индуктивности цепи 6—10 мГ	3250	8000	1500	1500	2000
Время гашения дуги, с, в случае отключения:					
наибольшего тока к. з. при индуктивности цепи 6—10 мГ	0,04—0,06	0,03—0,04	0,02—0,035	—	0,002—0,003
наибольших перенапряжений в, кВ, при отключении цепи с индуктивностью 10—14 мГ	9	11	6—9	12	6
Время отключения от начала разрыва цепи управления до начала расхождения контактов	0,06—0,12	0,06—0,12	0,017—0,026	0,026—0,039	—
Силовые контакты:					
растор, мм	24—27	24—27	10—13	10—13	8—15
ширина, мм	20	20	—	—	10
притирание, мм	4—5,5	4—5,5	4—6	4—6	—
нажатие, кгс	38—40	38—40	6,5—7,0	6,7—7,3	12
Система управления	Электропневматическая	Электропневматическая	Электромагнитная	Электромагнитная	—
Число контактных элементов	4	4	2	2	1
Рабочее давление воздуха, кгс/см ²	5	5	—	—	—
Минимальное давление воздуха для включения, кгс/см ²	3,2	3,2	—	—	—
Минимальный ток включения, А	—	—	—	3,1	30—35
Номинальное напряжение цепи управления, В	—	—	50	50	—
Минимальное напряжение цепи управления, В	—	—	30	30	—
Напряжение частотой 50 Гц, прикладываемое для испытания изоляции на электрическую прочность в течение 1 мин:					
между силовой цепью и корпусом;					
между силовой цепью и цепью управления; между силовыми контактами, В	9500	9500	9500	11000	9500
между цепью управления и корпусом, В	800	800	1500	1500	5000
Масса полная, кг	295	340	52	45	46
Масса одного контакторного элемента, кг	37,5	37,5	—	—	—
Габаритные размеры контакторов, мм:					
высота	810	820	625	—	660
ширина	900	900	210	—	150
длина	915	1130	—	—	490

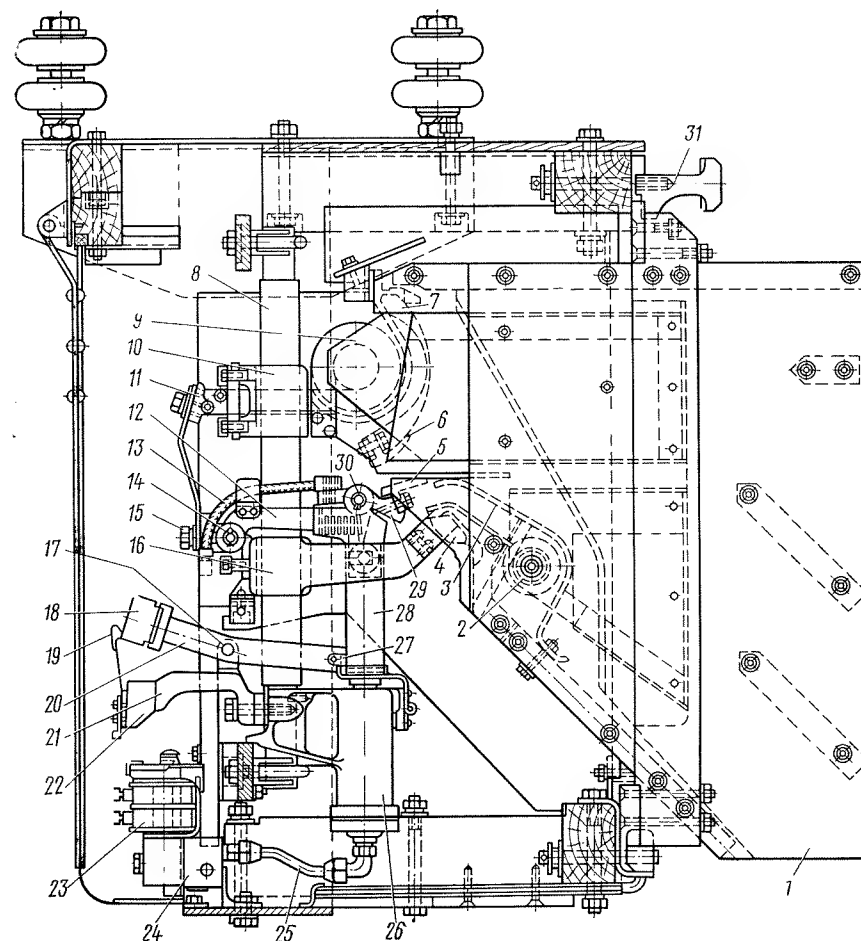
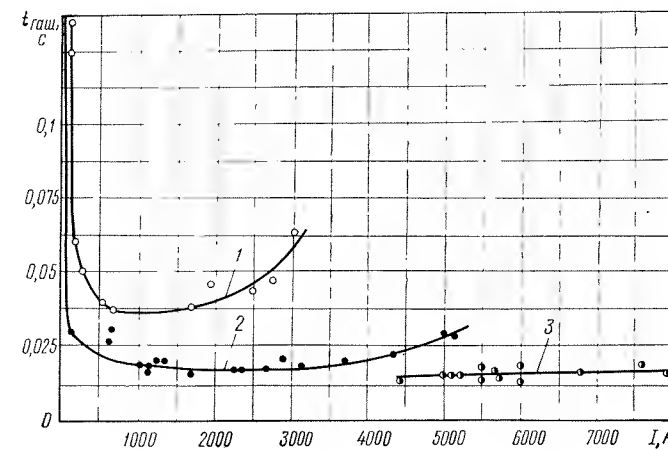


Рис. XI-68. Ящик с линейными контакторами ЛК-300Г-4:

1 — дугогасительная камера; 2 — дополнительная катушка; 3 — дугогасительный рог; 4 — контактный кронштейн камеры; 5 — подвижной контакт; 6 — неподвижный контакт; 7 — верхний дугогасительный рог; 8 — стойка; 9 — дугогасительная катушка; 10 — верхний кронштейн; 11 — наконечник; 12 — рычаг подвижного контакта; 13 — гибкий шунт; 14, 17, 30 — валики; 15 — зажим силового кабеля; 16 — нижний кронштейн; 18, 22 — фибровая блок-колодка; 19 — пальцы блок-контактов; 20 — рычаг; 21 — кронштейн; 23 — электропневматический цилиндр; 24 — колодка; 25 — медный трубопровод; 26 — цилиндр; 27 — вилка; 28 — изоляционная тяга; 29 — держатель подвижного контакта; 31 — замок

Рис. XI-69. Зависимость времени гашения $t_{арч}$ дуги линейными контакторами от отключаемого тока:

1 — контактор ЛК-300Г-4 при индуктивности цепи $L = 10$ мГ;
2 — контактор ЛК-300ГМ при $L = 14$ мГ; 3 — то же при 10 мГ

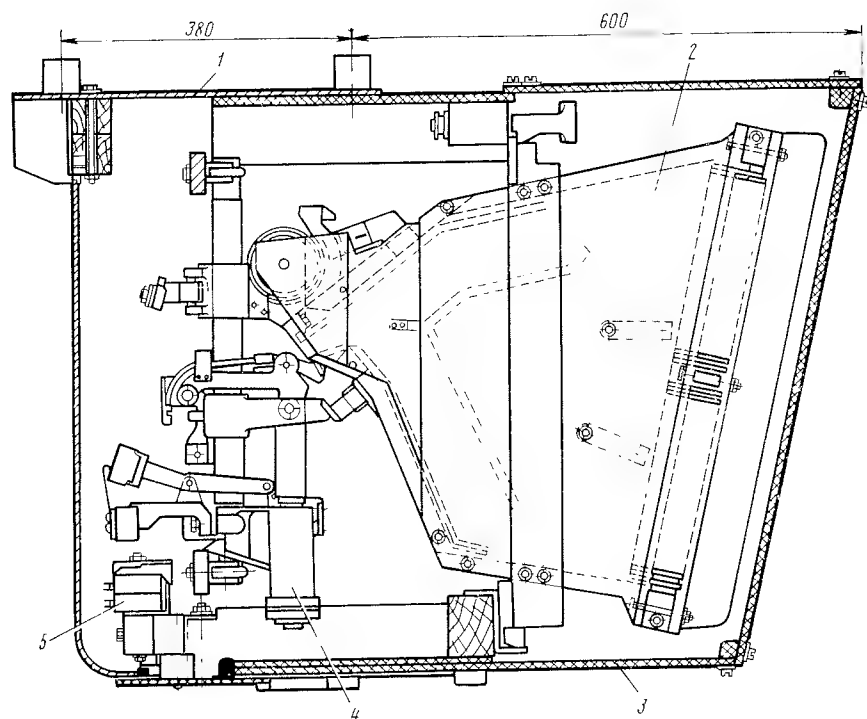


Рис. XI-70. Ящик с линейными контакторами ЛК-300ГМ:
1 — ящик; 2 — дугогасительная камера; 3 — передняя крышка; 4 — пневматический привод;
5 — электромагнитный вентиль

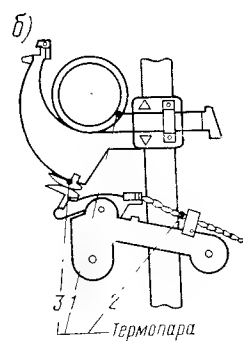
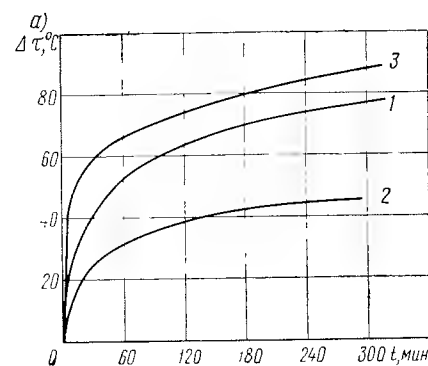


Рис. XI-71. Зависимость (а) превышения температуры токоведущих частей контактора ЛК-300ГМ (б) при токе 300А и давлении воздуха 5 кгс/см² над температурой окружающего воздуха, равной 20° С:

1 — дугогасительная катушка; 2 — гибкий шунт; 3 — неподвижный контакт

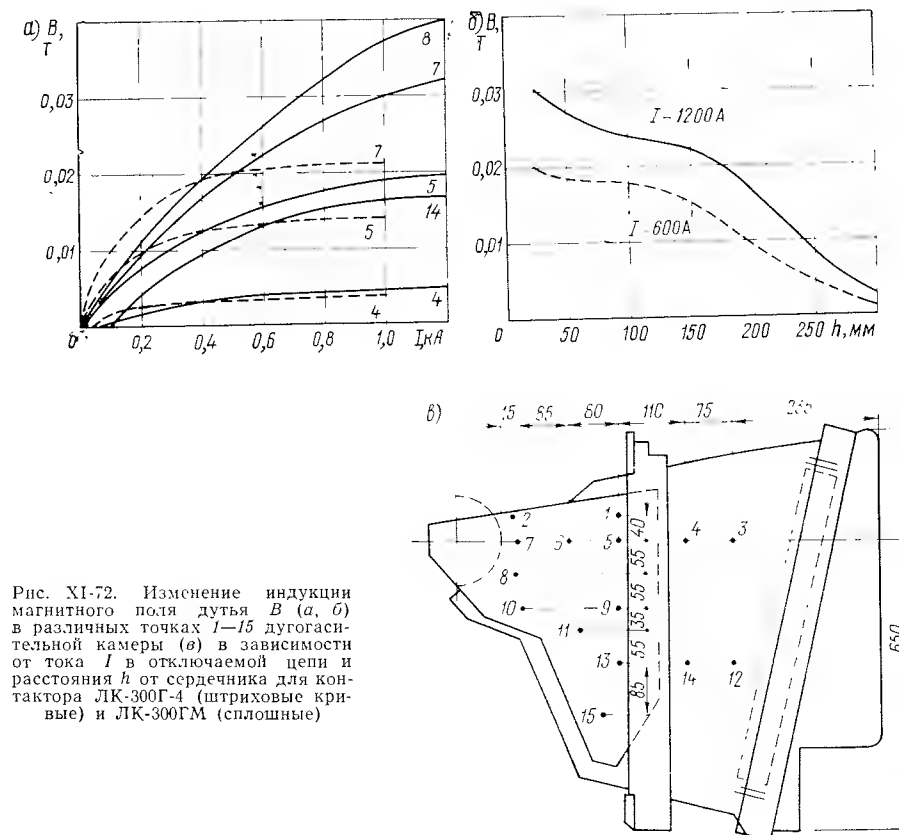


Рис. XI-72. Изменение индукции магнитного поля дугты B (а, б) в различных точках 1-15 дугогасительной камеры (а) в зависимости от тока I в отключаемой цепи и расстояния h от сердечника для контактора ЛК-300Г-4 (штриховые кривые) и ЛК-300ГМ (сплошные)

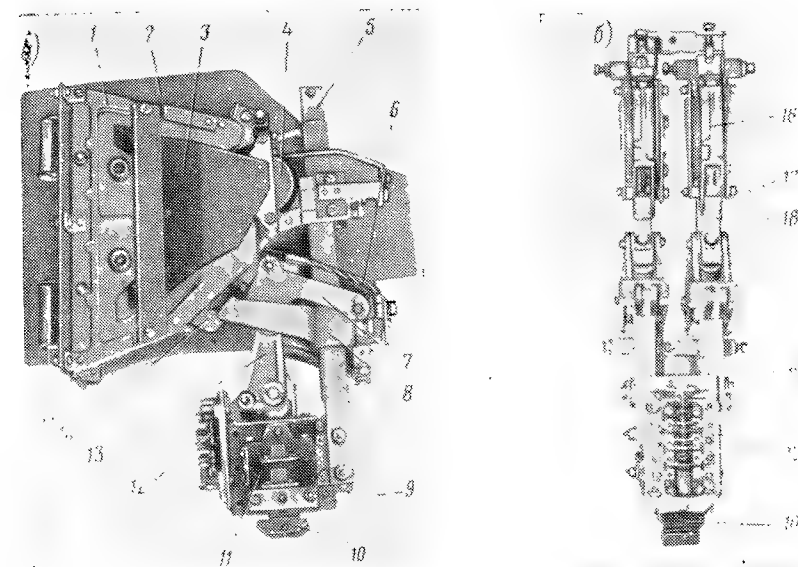


Рис. XI-73. Вид сбоку (а) и спереди без камер (б) электромагнитного контактора МК-101:
1 — дугогасительная камера; 2 — асбоцементная перегородка между камерами; 3 — полюс дугогасительной катушки; 4 — сердечник дугогасительной катушки; 5 — стержень стальной с опрессованной изоляцией; 6 — шунт; 7 — рычаг подвижного контакта; 8 — нижний кронштейн; 9 — магнитопровод катушки управления; 10 — якорь; 11 — катушка управления; 12 — блок-механизм; 13 — тяга включающая; 14 — вывод дугогасительного рога камеры; 15 — резистор; 16 — верхний дугогасительный рог; 17 — неподвижный контакт; 18 — подвижной контакт

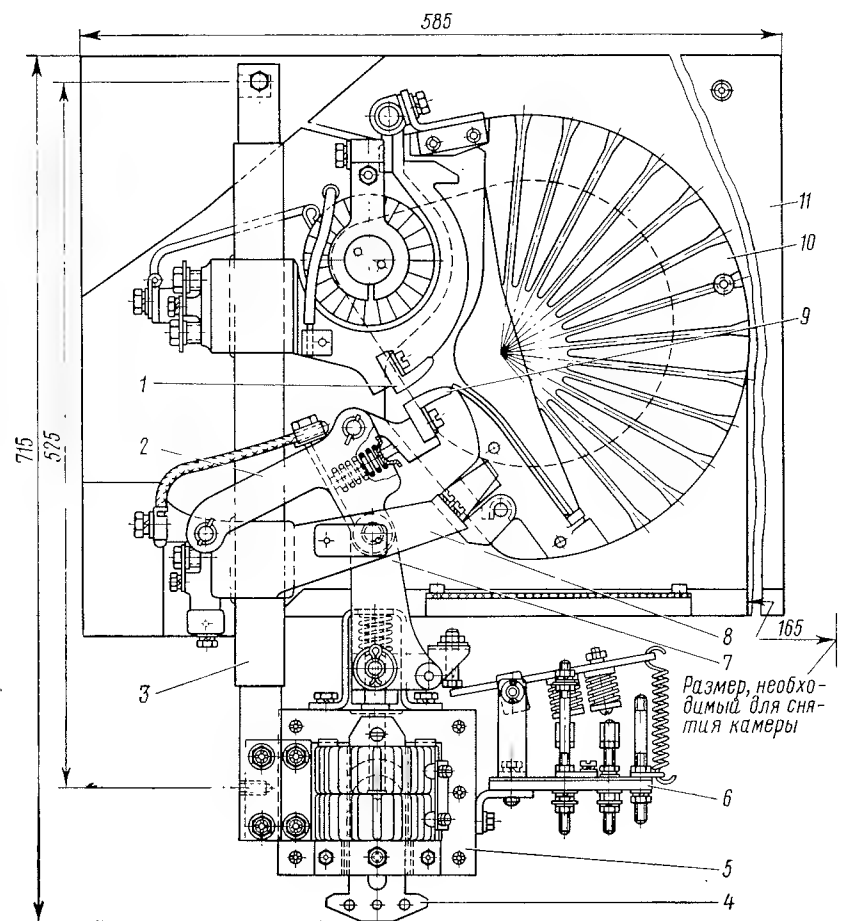


Рис. XI-74. Контактор вспомогательных цепей KBЦ-2A с лабиринтными пластмассовыми дугогасительными камерами:

1 — контакт неподвижный; 2 — рычаг контактный; 3 — стержень; 4 — якорь; 5 — привод электромагнитный; 6 — блок-контакты; 7 — тяга изоляционная; 8 — кронштейн подвижного контакта; 9 — контакт подвижной; 10 — камера дугогасительная; 11 — асбоцементная перегородка между камерами

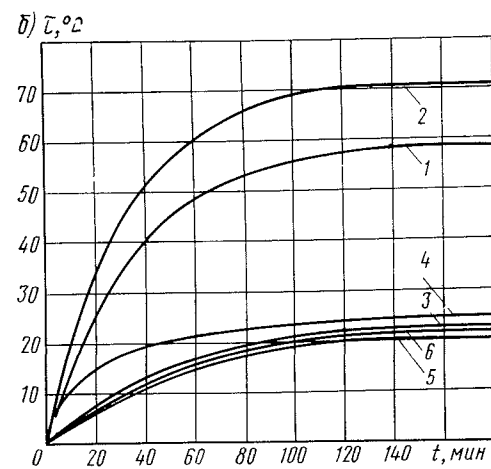
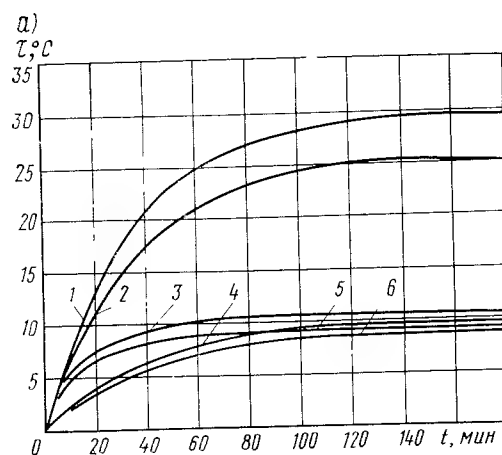


Рис. XI-75. Кривые, характеризующие превышение температуры деталей контактора KBЦ-2A при напряжении в цепи управления 50 В, сопротивлении добавочного резистора 30 Ом, температуре окружающего воздуха 21,5° С нагрузке 75 А (а) и 115 А (б):

1 — дугогасительная катушка первая; 2 — дугогасительная катушка вторая; 3 — контакты первого контактора; 4 — шунт первого контактора; 5 — шунт второго контактора; 6 — контакты второго контактора

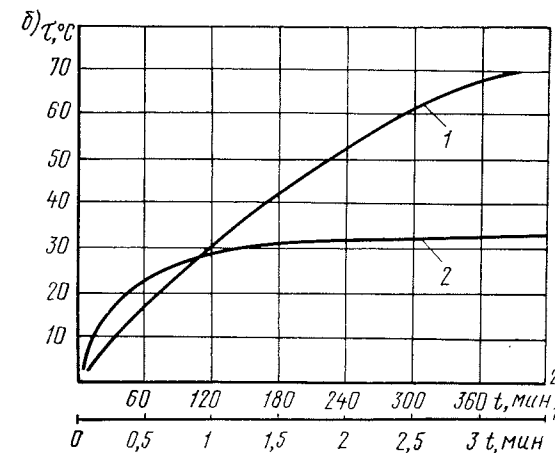
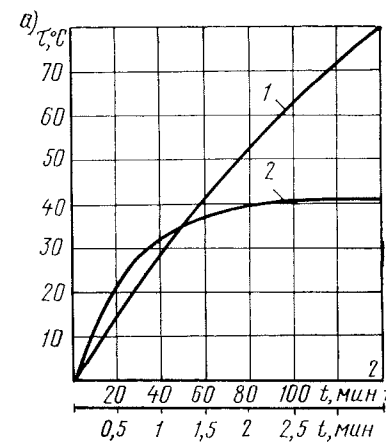


Рис. XI-76. Кривые, характеризующие превышение температуры включающей катушки контакторов KBЦ-2A (а) и МК-101 (б) при напряжении на ней 50 В в случае отсутствия добавочного резистора (кривые 1) и наличия его сопротивлением 30 Ом (кривые 2)

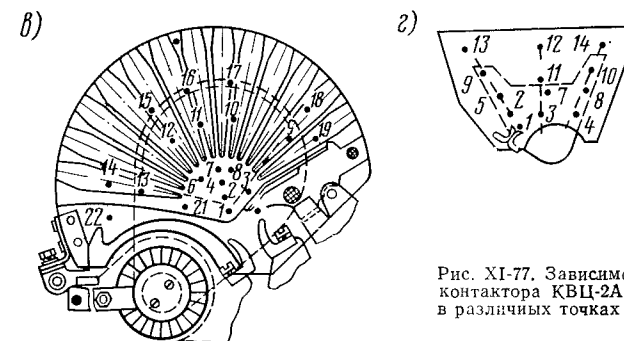
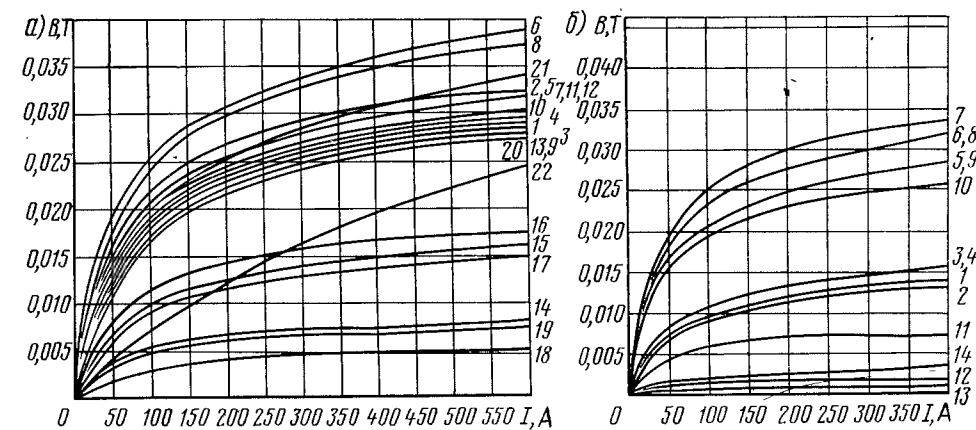


Рис. XI-77. Зависимость индукции магнитного поля дутья контактора KBЦ-2A (а) и контактора МК-101 (б) от тока в различных точках 1—22 дугогасительной камеры KBЦ-2A (а) и МК-101 (б)

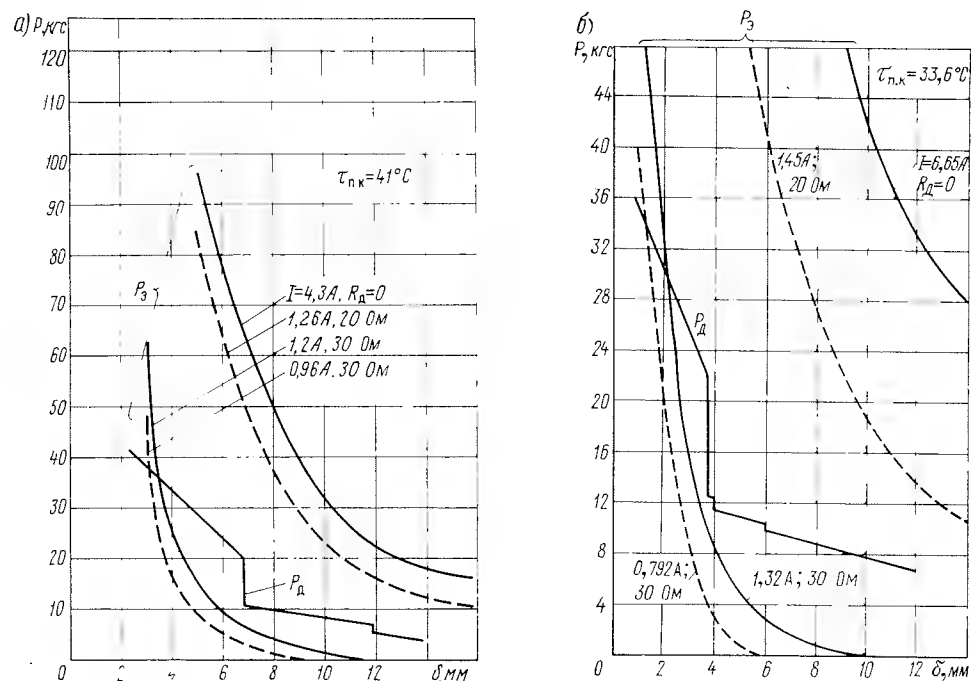


Рис. XI-78. Зависимость усилия электромагнита P_3 и сил сопротивления движению подвижной части P_d для контакторов KBЦ-2A (а) и МК-101 (б) от величины воздушного зазора между якорем и ярмом при $U=50$ В (сплошные кривые) и $U=40$ В (штриховые):
 I — ток в катушке управления; R_d — сопротивление добавочного резистора в цепи катушки управления; $\tau_{п.к.}$ — превышение температуры катушки

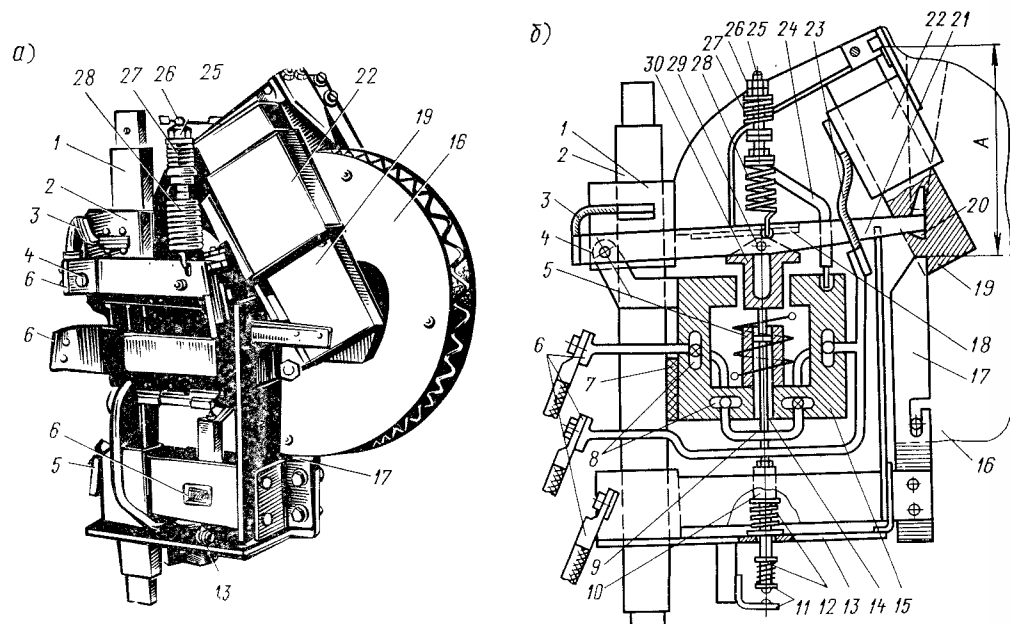


Рис. XI-79. Общий вид (а) и схематическое изображение (б) быстродействующего контактора БК-2:

1 — кронштейн верхний; 2 — стержень изоляционный; 3 — шунт гибкий; 4 — ось подвижной части; 5 — катушка удерживающая; 6 — выводы; 7 — амортизатор; 8 — прорезы в магнитопроводе; 9 — размагничивающий виток; 10 — стержень блокировки; 11 — блок-контакты; 12, 27, 28 — пружины; 13 — изоляционная панель; 14 — шток блокировки; 15 — магнитопровод подвижной; 16 — камера дугогасительная; 17 — неподвижный контакт; 18 — верхний амортизатор; 19 — полюсы; 20 — подвижной контакт; 21 — рычаг подвижного контакта; 22 — дугогасительная катушка; 23 — гибкий шунт; 24 — коромысло; 25 — регулировочный винт; 26 — гайки стопорные; 29 — ось якоря; 30 — якорь

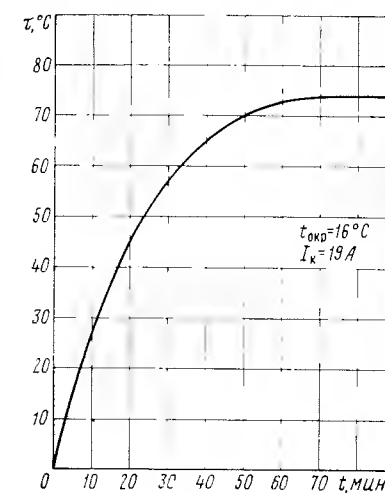


Рис. XI-80. Кривая, характеризующая превышение температуры удерживающей катушки контактора БК2 при включении секций параллельно при температуре окружающего воздуха 16° С

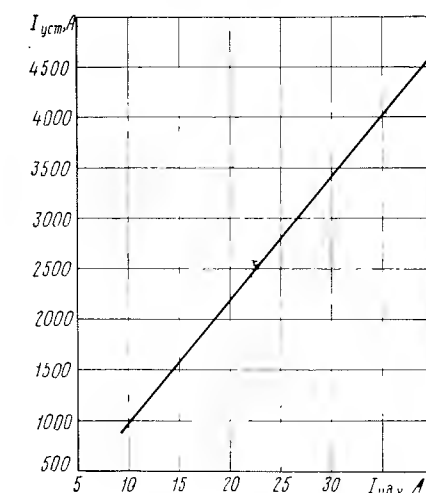


Рис. XI-81. Зависимость тока уставки $I_{уст}$ контактора БК-2 от тока в удерживающей катушке $I_{уд.к}$ при нажатии контактов 12 кгс

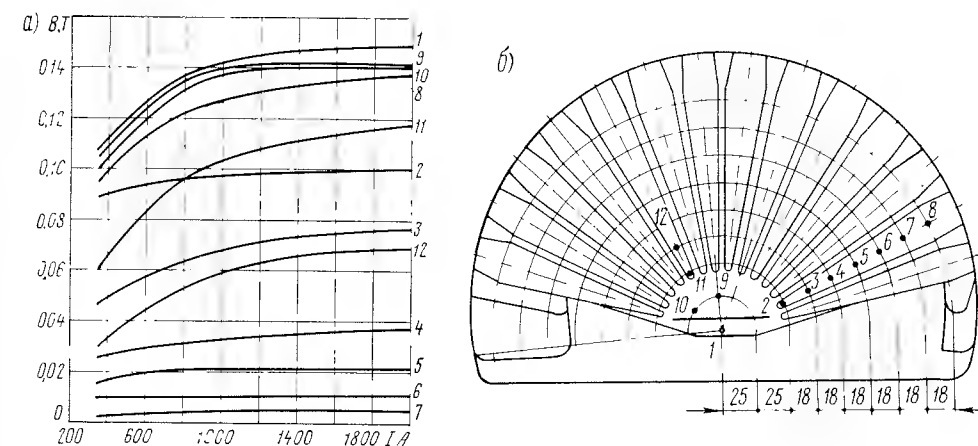


Рис. XI-82. Зависимость величины индукции магнитного поля дугтя от тока I (а) в различных точках дугогасительной камеры (б) контактора БК-2

XI-13. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ С КЛИНОВЫМИ КОНТАКТАМИ

Разъединители ОМ-1А, ОД-8Б-2, ОД-8А, ОД-52, ОД-23Н и РТД-20-21 предназначены для отключения тяговых двигателей; разъединители РШК-47 ÷ 48 и РШК-54 ÷ 58 служат для включения тяговых двигателей в цепь низковольтных розеток; разъединители РС-15 — для включения вспомогательных машин аварийной секции в цепь трехфазной системы нормально работающей секции; переключатели ПВЦ-70, ПВЦ-83 предназначены для включения

вспомогательных машин в цепь трансформатора или в цепь низковольтных розеток, переключатели ПО-68, ПО-82 — для переключения питания цепей вспомогательных машин на вывод трансформатора 630 В при снижении напряжения в контактном проводе с 19 до 12 кВ. Разъединители РВН-1, РВН-2, ГР-1А, ГР-1Б служат для видимого разрыва цепи при отсоединении поврежденного токоприемника, рубильники ГВ-22А — для включения аккумуляторной батареи.

Технические данные разъединителей и переключателей с клиновыми контактами приведены в табл. XI-19 — XI-21, основные размеры — на рис. XI-83 — XI-89.

Таблица XI-19
Основные технические данные разъединителей и переключателей
с клиновыми контактами

Тип аппарата	Силовые контакты				Блокировочные контакты					Серия локомотива
	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Усилие на рукоятке ¹ , кгс	Усилие, не обходимое для перемещения рукоятки в отключенном состоянии, кгс	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Раствор, мм	Провал, мм	Контактное нажатие, кгс	
ОД-8А	500	3000	—/15	—	5	50	—	—	—	ВЛ8, ВЛ10
ОД-8Б-2	500	3000	—/15	—	5	50	—	—	—	ВЛ8, ВЛ10
ОД-23Н	500	3000	—/15	—	5	50	—	—	—	ВЛ23
ОД-52	500	2000	21/13	1,5—2	35	50	6—8	1,5—2	0,33	ВЛ60 ^к
ПВЦ-42	500	380	21/13	—	—	—	—	—	—	ВЛ60 ^к
ПВЦ-70	600	750	21—25/13—16	1,5—2	30	50	4—5	2—3	0,18	ВЛ80 ^к
ПВЦ-83	1200	600	21—25/13—16	4—6	30	50	4—5	2—3	0,18	ВЛ80 ^к
РС-15	600	750	21—25/13—16	1,5—2	30	50	4—5	2—3	0,18	ВЛ80 ^к
ПО-68	600	1000	21—25/13—16	1,5—2	—	—	—	—	0,18	ВЛ80 ^к , ВЛ60 ^к
ПО-82	1200	600	21—25/13—16	2—3	—	—	—	—	0,18	ВЛ80 ^к
РВ-22÷27	1000	1500	21—25/13—16	1,5—2	35	50	6—8	1,5—2	0,33	ВЛ80 ^к
РТД-20÷21	1000	3000	21—25/13—16	1,5—2	35	50	6—8	1,5—2	0,33	ВЛ80 ^к
РШК-54÷58	500	3000	21—25/13—16	1,5—2	35	50	6—8	1,5—2	0,33	ВЛ80 ^к
РШК-47÷48	500	3000	21—25/13—16	1,5—2	30	50	4—5	2—3	0,18	ВЛ80 ^к
ОМ-1А	400	3000	21—25/13—16	—	5	50	—	—	1—2,5	ВЛ22

¹ В числителе усилие при включении, в знаменателе — при выключении.

Таблица XI-20

Основные технические данные
разъединителей ГВ, ГР, РВН,
РВЦ

Тип аппарата	Контакты		Серия локомотива
	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	
ГВ-1Б	800	3000	ВЛ22
РВЦ-1Г	400	3000	ВЛ22
ГР-1А	400	3000	ЭР1
ГР-1Б	400	3000	ЭР2, ЭР22
ГР-2А	2000	1100	ЭР9
ГВ-22	200	75	ТЭ10, ТЭЛ10, 2ТЭ10, ТЭП60, ТЭ3, ТЭ7, ТЭ1, ТЭМ1, ТЭ2
ГВ-25А	80	250	ТЭ10, ТЭП10, 2ТЭ10Л, ТЭП60, ТЭМ2, ТЭМ1, ТЭ2, ТЭ1
ГВ-27А	80	220	ТЭ3, ТЭ7
Р220	80	220	ТЭ3, ТЭ7
РВН-1	1500	3000	ВЛ8, ВЛ10, ВЛ23
РВН-2	300	25000	ВЛ60 ^к , ВЛ80 ^к

Таблица XI-21

Исполнение силовых и блок-контактов
разъединителей и переключателей
с клиновыми контактами

Тип аппарата	Количество индивидуальных разъединителей или переключателей	Количество блок-контактов	
		замыкающих	размыкающих
РТД-20	1	2	0
РТД-21	1	0	2
РВ-22	2	—	—
РВ-23	2	1	0
РВ-24	2	0	1
РВ-25	2	1	1
РВ-26	2	2	0
РВ-27	2	0	2
РШК-54	2	0	1
РШК-55	2	1	0
РШК-56	2	1	1
РШК-57	2	2	0
РШК-58	2	0	2
РШК-47	2	1	0
РШК-48	2	1	1
ПВЦ-70	3	2	2
ПВЦ-83	3	2	2
РС-15	3	0	3
ПВЦ-42	3	—	—
ОД-52	1	0	2
ОД-8А	2	—	—
ОД-8Б-2	5	—	—
ОД-23Н	5	—	—

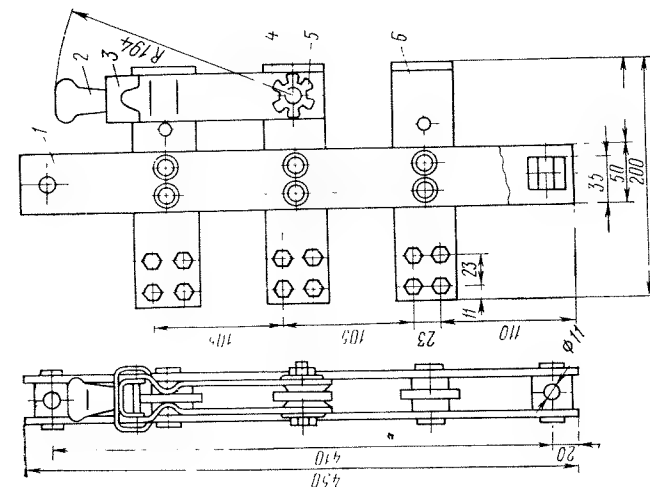


Рис. XI-84. Переключатель обмоток ПО-68:
1 — стойка изоляционная; 2 — нож; 3 — пружина пластинчатая; 4 — рукоятка; 5 — шайба пружинная; 6 — пластина контактная

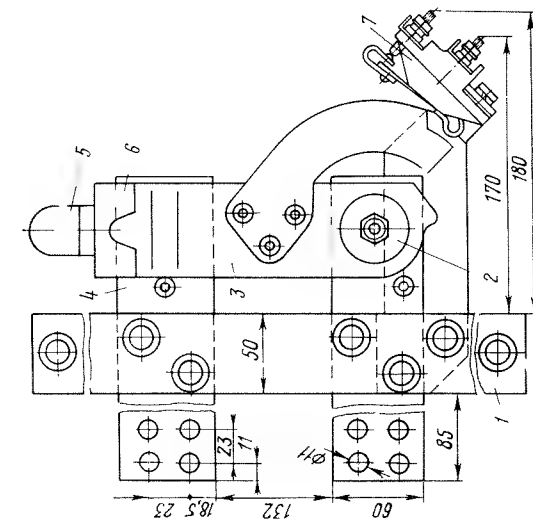
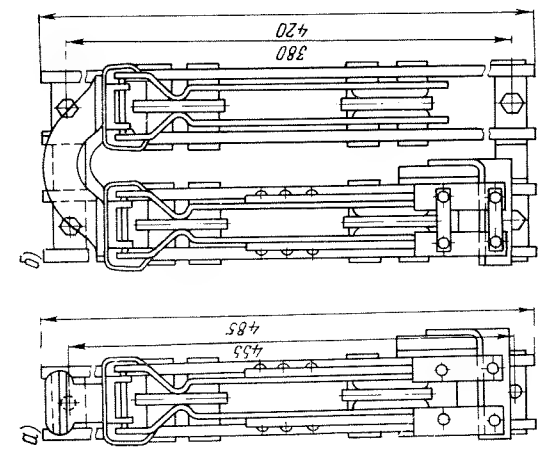
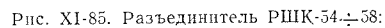


Рис. XI-83. Разъединители тяговых двигателей РТД-20—21 (а) и вентиля РВ-22—27 (б):
1 — стойка изоляционная; 2 — шайба пружинная; 3 — нож; 4 — пластина контактная; 5 — рукоятка; 6 — пружина пластинчатая; 7 — блокировка





Technical drawing of a mechanical assembly, showing a side view and a detail view. The main drawing includes dimensions: 310, 17, 50, 12, 100, 100, 20, 62, 21, 18, 60, 50, 68, 68, 50. Numbered parts include: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. A detail view shows a circular feature with a radius of $R=3\text{ mm}$.

Рис. XI-87. Разъединитель РВН-2:

The image contains three technical drawings of a mechanical assembly, likely a part of a machine tool or a transport system.

- Left View (Perspective):** Shows a component (1) mounted on a base (5). A vertical dimension of 100 is indicated. A horizontal dimension of 35 is shown. A small detail (2) is shown below the base. A dimension of 500 is indicated for the overall width of the base.
- Top View (Cross-section):** Shows the component (1) from above. A horizontal dimension of 65 is indicated. A vertical dimension of 355 is shown. A small detail (2) is shown below the base. A dimension of 500 is indicated for the overall width of the base.
- Right View (Cross-section):** Shows the component (1) from the side. A horizontal dimension of 430 is indicated. A vertical dimension of 300 is shown. A small detail (2) is shown below the base. A dimension of 500 is indicated for the overall width of the base.

У разъединителей и переключателей типов ПО-68, ПО-82, ГВ-1А, РВЦ-1Г, ГР-1А, ГР-1Б, ГР-2А, ГВ-22А, ГВ-27А, Р-220 имеется по одному силовому контакту и нет блокировочных.

Разъединители цепей управления УП-531В/Е139, УП-5317/Е137, УП-5317/Е102, применяемые на электропоездах, имеют следующие технические данные:

УП-5316/Е139	24
То же для УП-5317/Е137	32
» для УП-5313/Е102	12
Число положений для	
УП-5316/Е139	3
То же для УП-5317/Е137 и	
УП-5313/Е102	5

ХИ-14. РЕЗИСТОРЫ

Номинальное напряжение на электропоездах:	
переменного тока	400 В
постоянного тока	500 »
Предельная разрывная способность контактов при напряжении 200 В:	
индуктивные цепи переменного тока	20 А
неиндуктивные цепи переменного тока	40 »
индуктивные цепи постоянного тока	0,8 А
неиндуктивные цепи постоянного тока	0,3 »
Длительный ток контактов	20 »
Число переключений для УП-5316/Е139	1 500 000
То же для УП-15317/Е137 и УП-5313/Е102	1 000 000
Количество секций для УП-5316/Е139	12
То же для УП-5317/Е137	16
» для УП-5313/Е102	6
Количество контактов для	

На э. п. с. и тепловозах применяют пусковые, стабилизирующие, переходные, шунтирующие, демпферные, добавочные и регулировочные резисторы.

Резисторы большой мощности (рис. ХИ-90) имеют обозначение КФ, а обозначения ЯС или КФ (с резисторами более раннего выпуска). Резисторы средней мощности (200—350 Вт) обозначаются СР-3, их выполняют регулируемые и нерегулируемые. Панели с резисторами СР-3 обозначаются ПС-5000 (старое обозначение ШС-40). Резисторы мощностью от 7,5 до 150 Вт имеют обозначения ПЭ, ПЭВ, ПЭВР, а панели (рис. ХИ-92) с резисторами ПЭ — обозначения ПС-4000 (старое обозначение ШС-61, ШС-52), ПС-2000 (старое обозначение ШС-27А, ШС-35А-1, ПС-50-1А, ПС-75-4А). Малогабаритные резисторы мощностью 90 Вт обозначают ЦФ-104, а панели с ними — ПС-3000. Резисторы мощностью 1 и 2 Вт имеют обозначение МЛТ.

Технические данные резисторов приведены в табл. ХИ-22 — ХИ-29.

Таблица ХИ-22

Основные технические данные резисторов КФ

Обозначение элемента	Сопротивление, Ом	Число витков	Мощность при 350°С, Вт	Число изоляторов	Обозначение элемента	Сопротивление, Ом	Число витков	Мощность при 350°С, Вт	Число изоляторов
6ТХ 662.002.1*	0,785	53	1600	10	6ТР 662.001	0,20	31	2150	14
6ТХ 662.002.3*2	0,238	32	1820	12	6ТР 662.002	0,24	38	2150	14
6ТХ 662.002.11*3	0,534	37	2150	14	6ТР 662.003	0,36	38	2150	14
6ТХ 662.002.18	0,268	37	2150	14	6ТР 662.004	0,57	60	2150	14
6ТХ 662.002.12	0,356	37	2150	14	6ТР 662.005	0,79	62	2150	14
6ТХ 662.002.21*4	0,26	37	2150	14	6ТР 662.006	1,00	76	2150	14
6ТХ 662.002.25	0,151	16	920	6	6ТР 662.007	1,45	75	2150	14
6ТХ 662.002.30	1,094	74	2150	14	6ТР 662.008	2,00	76	2150	14
6ТХ 662.002.31	0,24	37	2150	14	6ТР 662.009	0,39	38	2150	14
6ТХ 662.001.1*5	0,28	38	2150	14	6ТР 662.024	0,23	24	920	6
6ТХ 662.001.3	0,157	16	—	—	6ТР 662.026	0,42	32	920	6
6ТХ 662.001.4	0,118	16	—	—	6ТР 662.029	0,45	33	920	6
6ТХ 662.001.20	0,275	38	—	—	6ТР 662.030	0,90	33	920	6
6ТХ 662.001.26	0,151	16	—	—					

* Такие же данные имеет резистор № 6ТХ 662.002.2.
 *2 Такие же данные имеют резисторы № 6ТХ 662.002.4, 6ТХ 662.002.7, 6ТХ 662.002.8.
 *3 Такие же данные имеет резистор № 6ТХ 662.002.12.
 *4 Такие же данные имеет резистор № 6ТХ 662.002.02.
 *5 Такие же данные имеет резистор № 6ТХ 662.001.2.

Таблица ХИ-23

Технические данные ящиков резисторов ЯС, КФ

Обозначение ящика	Обозначение элемента	Число элементов в ящике	Длительный ток, А	Испытательное напряжение в течение 1 мин, В	Масса, кг
ЯС-9200	6ТХ 662.002.2	2	220	4000	20,5
ЯС-9027	6ТХ 662.002.30	2	220 300	4000	17,1
	6ТХ 662.002.31	2	220 300		
ЯС-9026	6ТХ 662.002.21 6ТХ 662.002.22	2	320	4000	17,95
ЯС-9025	6ТХ 662.002.18 6ТХ 662.002.19	2	426 404	4400	16,1
ЯС-9024	6ТХ 662.002.11 6ТХ 662.002.12	2	400	4400	13,8
ЯС-8024	6ТХ 662.002.8 6ТХ 662.002.7	2	300	4000	12,4
ЯС-8023	6ТХ 662.002.8 6ТХ 662.002.3	30	300	4000	11,7
ЯС-8022	6ТХ 662.002.4 6ТХ 662.002.3	2	330	4000	11,7
ЯС-7101	6ТХ 662.001.26	1	—	1500	4,9
ЯС-7014	6ТХ 662.002.27	1	75	1700	4,5
ЯС-7015	6ТХ 662.002.25	1	400	1500	5,8
КФ-24А	6ТХ 662.001.1 6ТХ 662.001.2	2	320	2800	15,0
КФ-24Б	6ТХ 662.001.20 6ТХ 662.001.19	2	320	2800	15,0
КФ-14А-1	6ТХ 662.001.4 6ТХ 662.001.3	2 2	95 75	3500 —	8,5 —
КФ-18А-2	2ТА—66 рубр. 3	2	320	2000	11,9
КФ-18А	2ТА—66 рубр. 3	2	320	2000	11,8
КФ-116В-1	6ТР 662.001 6ТР 662.001/6ТР 662.002 6ТР 662.008	9 9 9	107 107/95 33	— — —	72 72 —
КФ-129А-1	6ТР 662.024 6ТР 662.026	2	32	—	15
КФ-115А-1	6ТР 662.004 6ТР 662.009	10 8	62 74	— —	120 120
КФ-35С-2	6ТР 662.030	2	32	—	32

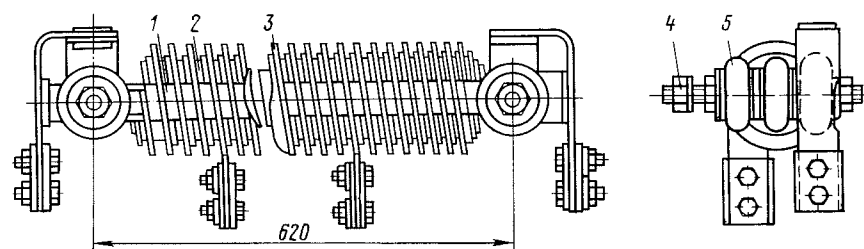


Рис. XI-90. Элемент резистора КФ:
1 — держатель; 2 — изолятор; 3 — лента; 4 — шпилька; 5 — шайба фарфоровая

Таблица XI-24

Основные технические данные резисторов СР-3

Тип	Сопротивление, Ом*	Количество витков	Шаг, мм	Диаметр проволоки, мм	Расчетный диаметр витка, мм	Длина одного витка, мм	Сопротивление витка, Ом	Длина обмотки, м	Сопротивление, Ом		Ток, А		Масса, кг	
									при одном хомуте	при двух хомутах	при 250°C и 200 Вт	при 350°C и 350 Вт	обмотки	элемента
СР-303	690	198	0,98	0,28	53,8	168,9	3,45	33,7	645	600	0,54	0,713	0,021	0,97
СР-304	335	198	0,98	0,4	53,9	169,25	1,69	33,85	314	298	0,77	1,02	0,035	0,99
СР-305	216	198	0,98	0,5	54,0	169,56	1,09	33,91	202	188	0,95	1,27	0,055	1,01
СР-311	130	121	1,6	0,5	53,3	167,36	1,07	20,5	122	114	1,24	1,64	0,0335	1,02
СР-312	84	121	1,6	0,63	53,4	167,58	0,675	21	78,5	73	1,54	2,04	0,045	1,03
СР-314	51	121	1,6	0,8	53,6	168,3	0,421	20,7	47	44,6	1,98	1,62	0,085	1,07
СР-315	33	121	1,6	1,0	53,8	168,93	0,272	20,78	31	28,8	2,57	3,25	0,125	1,12
СР-316	23	121	1,6	1,2	54,0	169,56	0,189	20,86	21,6	20,2	2,96	3,9	0,18	1,18
СР-321	16,4	61	3,14	1,0	53,0	166,42	0,268	10,4	15,3	14,2	3,5	4,62	0,062	1,07
СР-322	11,4	61	3,14	1,2	53,2	167,05	0,187	10,5	10,7	10,0	4,18	5,54	0,097	1,10
СР-323	8,35	61	3,14	1,4	53,4	167,68	0,137	10,56	7,83	7,31	4,9	6,40	0,12	1,14
СР-324	6,46	61	3,14	1,6	53,6	168,3	0,106	10,6	6,06	5,66	5,57	7,36	0,14	1,18
СР-325	5,15	61	3,14	1,8	53,8	168,92	0,084	10,64	4,83	4,51	6,25	8,25	0,222	1,23
СР-326	4,15	61	3,14	2,0	54,0	169,56	0,068	10,68	3,89	3,63	6,95	9,2	0,26	1,28
СР-327	4,15	61	3,14	2,0	54,0	169,56	0,068	10,68	3,89	3,63	6,95	9,2	0,26	1,3
СР-330	2,41	29	6,4	1,8	53,2	167,1	0,083	4,85	2,24	2,07	9,1	12,1	0,11	1,16
СР-331	1,93	29	6,4	2,0	53,4	167,5	0,066	4,86	1,79	1,66	10,2	13,5	0,12	1,2
СР-332	1,27	29	6,4	2,5	53,9	169	0,044	4,91	1,182	1,104	12,6	16,6	0,211	1,27
СР-333	0,88	29	6,4	3,0	54,4	169,9	0,031	4,94	0,84	0,78	14,9	19,7	0,27	1,35
СР-334	3,90	29	6,4	1,4	52,1	164	0,134	4,76	3,65	3,40	7,15	9,5	0,05	1,12
СР-335	0,88	29	6,4	3,0	54,4	169,9	0,031	4,94	0,84	0,78	14,9	19,7	0,27	1,42

* Отклонение сопротивления $\pm 10\%$.

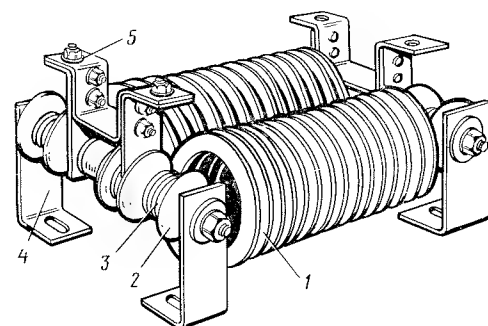


Рис. XI-91. Ящик резисторов ЯС:
1 — спираль; 2 — изолятор; 3 — держатель; 4 — стойка; 5 — выводы

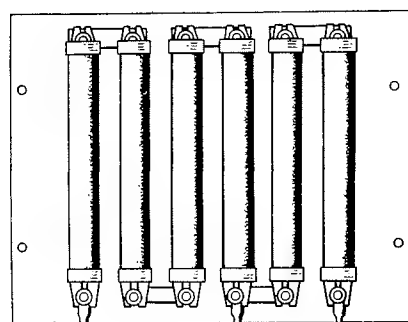


Рис. XI-92. Панель резисторов ПС-4000

Основные технические данные панелей с резисторами СР-3

Обозначение панели	Обозначение элемента резистора	Количество элементов	Габаритные размеры, мм	Масса панели, кг
ЩС-41А-1*	СР-333	1	308×76×124	2,48
ЩС-41Б-2*	СР-323	1	308×76×124	2,11
ЩС-41Б-3*	СР-312	1	308×76×124	2,11
ЩС-41Б-7*	СР-326	1	308×76×124	2,35
ЩС-41Б-8*	СР-331	1	308×76×124	2,27
ЩС-41Б-9*	СР-315	1	308×76×124	2,6
ЩС-42А-1* ²	СР-315	1	308×152×124	4,37
	СР-325	1		
ЩС-42А-3*	СР-323	1	308×152×124	4,42
	СР-326	1		
ЩС-42Б-6*	СР-311	2	308×152×124	4,18
ЩС-42Б-7*	СР-326	2	308×152×124	4,49
ЩС-43А-1	СР-321	1	308×228×124	6,84
	СР-325	2		
ЩС-45А-1*	СР-315	2	308×380×124	11,18
	СР-325	3		
ЩС-44А-1* ³	СР-330	4	308×304×124	8,73
ЩС-45Б-1*	СР-316	4	308×380×124	11,0
	СР-323	1		
ЩС-45А-6*	СР-323 per.	2	308×380×124	11,0
	СР-316 per.	1		
	СР-315 per.	2		
ПС-5010* ²	СР-315	1	308×76×124	2,6
ПС-5016* ²	СР-315 per.	1	308×76×124	2,6
ПС-5022*	СР-316	1	308×152×124	4,2
	СР-321	1		
ПС-5024*	СР-315	1	308×152×124	4,2
	СР-323	1		
ПС-50210	СР-314 per.	1	308×152×124	4,2
	СР-321 per.	1		
ПС-50211	СР-314	1	308×152×124	4,2
	СР-315 per.	1		
ПС-50512	СР-315	1	308×152×124	4,2
	СР-321	1		
ПС-5036	СР-304 per.	1	308×228×124	6,6
	СР-315 per.	2		
ПС-5040*	СР-316 per.	1	308×304×124	10,4
	СР-330 per.	1		
	СР-330	1		
ПС-5043*	СР-311 per.	2	308×304×124	10,4
	СР-314 per.	1		
	СР-315 per.	1		
ПС-5045	СР-311	4	308×304×124	10,4
ПС-5051	СР-314 per.	1	308×380×124	11,1
	СР-315 per.	2		
	СР-323 per.	2		
ПС-5052*	СР-315 per.	1	308×380×124	11,1
	СР-316 per.	3		
	СР-323 per.	1		

Продолжение табл. XI-25

Обозначение панели	Обозначение элемента резистора	Количество элементов	Габаритные размеры, мм	Масса панели, кг
ПС-5100*	СР-303 пер.	1	380×320×230	20,0
	СР-314 пер.	1		
	СР-315	7		
	СР-335	1		
ПС-5101*	СР-312 пер.	1	380×320×230	21,0
	СР-314	8		
	СР-321			

* Испытательное напряжение в течение 1 мин составляет 1500 В.

** То же 4000 В.

*** То же 3000 В.

Таблица XI-26

Основные технические данные резисторов ПЭ, ПЭВ и ПЭВР

Обозначение	Номинальная мощность рассеяния, Вт*	Габаритные размеры, мм			Сопротивление, Ом**	Масса, кг, не более
		Наружный диаметр	Внутренний диаметр	Длина		
ПЭ-7,5	7,5	10	4,5	40	3—5100	14
ПЭ-15	15,0	14	6	50	3—5100	16
ПЭ-20	20,0	18	10	50	2,4—5100	30
ПЭ-25	25,0	23	13	50	4,7—5600	40
ПЭ-50	50,0	23	13	90	1—16 000	60
ПЭ-75	75,0	23	13	160	1—30 000	110
ПЭ-150	150,0	30	18	215	1—51 000	300
ПЭВ-2,5	2,5	13,5	5,5	26	3—510	14
ПЭВ-7,5	7,5	14	5,5	35	1—3300	23
ПЭВ-10	10	14	5,5	41	1,8—10 000	27
ПЭВ-15	15	17	8	45	3,9—15 000	36
ПЭВ-20	20	17	8	51	4,7—20 000	44
ПЭВ-25	25	21	12	51	10—24 000	57
ПЭВ-30	30	21	12	71	10—30 000	80
ПЭВ-40	40	21	12	87	18—51 000	98
ПЭВ-50	50	29	20	90	18—51 000	132
ПЭВ-75	75	29	20	140	47—56 000	253
ПЭВ-100	100	29	20	170	47—56 000	286
ПЭВР-50	50	—	—	—	24—1500	144
ПЭВР-100	100	—	—	—	51—2700	298

* Номинальная мощность рассеяния указана при температуре окружающего воздуха +40° С. При более высокой температуре допустимая мощность снижается (смотри ГОСТ 6513—62).

** Допустимые отклонения сопротивлений: ±5% или ±10%.

Таблица XI-27

Основные технические данные панелей с резисторами ПЭ

Обозначение панели	Обозначение резистора	Количество элементов	Габаритные размеры, мм	Масса панели, кг	Испытательное напряжение, В
ЩС-51А-1	ПЭ-150-15 Ом 10%	1	380×50×75	0,93	1500
	ПЭ-150-2,5 Ом 10%	1	380×50×75	0,89	4000
	ЩС-51А-4	1	380×50×75	0,92	1500
	ПЭ-150-175 Ом 10% пер.	2	380×86×60	1,87	4000
ЩС-52А-1	ПЭ-150-2,5 Ом 10%	2	380×130×75	2,48	1500
ЩС-53А-1	ПЭ-150-15 Ом 10%	3			
ЩС-57А-1	ПЭ-150-2,5 Ом 10%	1			
	ПЭ-150-2,5 кОм 10%	3	380×310×75	5,45	4000
	ПЭ-150-2,5 кОм 10% пер.	3			
	ПЭ-150-2,5 Ом 10% пер.	1			
ЩС-58А-3	ПЭ-150-10 кОм 10%	1			
	ПЭ-150-5 кОм 10% пер.	2	380×355×75	7,75	4000
	ПЭ-150-5 кОм 10%	1			
	ПЭ-150-2,5 кОм 10%	1			
ЩС-27А-5	ПЭ-150-2,5 кОм 10% пер.	1			
	ПЭ-150-2 кОм 10% пер.	1			
	ПЭ-75-500 Ом 5%	4	310×170×56	2,22	4000
ПС-75-4А-1					
ЩС-27А-4	ПЭ-75-1000 Ом 10%	6	310×250×56	3,38	4000
ПС-75-6А-1					
ЩС-35А-1	ПЭ-50-50 Ом 10%	2	250×80×55	0,795	1500
ПС-50-2А-1	ПЭ-50-50 Ом 10%	2	210×80×56	0,605	1500
ПС-50-1А-1	ПЭ-50-175 Ом 10%	1	210×60×53	0,32	1500
ПС-2022	ПЭ-50-50 Ом 10%	2	35×105×160	0,65	1500
ПС-4012	ПЭ-150-60 Ом 10% пер.	1	50×380×71	1,05	1500
ПС-4013	ПЭ-150-75 Ом 10%	1	50×380×71	1,05	1500
ПС-4020	ПЭ-150-4 кОм 10%	1	86×380×71	2,1	3000
ПС-4051	ПЭ-150-40 Ом 10% пер.	2	220×380×71	3,9	1500
	ПЭ-150-60 Ом 10% пер.	1			
	ПЭ-150-175 Ом 10% пер.	1			
	ПЭ-150-400 Ом 10% пер.	1			
ПС-4053	ПЭ-150-2,5 Ом 10% пер.	1	220×380×71	3,9	4000
	ПЭ-150-2,5 кОм 10% пер.	3			
	ПЭ-150-3,5 кОм 10%	1			
	ПЭВ-100-2,0 кОм 5%	2	265×380×71	4,8	4000
ПС-4060	ПЭВР-100-2,0 кОм 5%	4			
ПС-4072	ПЭ-150-15 Ом 10% пер.	1	310×380×71	6,0	3000
	ПЭ-150-3,5 кОм 10% пер.	6			
	ПЭ-150-2,5 Ом 10% пер.	1	230×380×71	7,0	4000
	ПЭ-150-2,5 кОм 10%	2			
ПС-4090	ПЭ-150-2,5 кОм 10% пер.	6			
	ПЭВР-100-2,0 кОм 5%	8	540×320×71	11,3	4000
	ПЭВ-100-2,0 кОм 5%	4			
	ПЭ-7,5-7,5 Ом 10%	1			
ПС-41200	ПЭ-7,5-300 Ом 10%	1			
	ПЭ-7,5-800 Ом 10%	1			
	ПЭ-7,5-250 Ом 10%	3			
	ПЭ-7,5-500 Ом 5%				
ТЭМ1.70.50.075	ПЭ-7,5-500 Ом 5%	5	225×50×10	0,206	
	ПЭ-7,5-250 Ом 10%	3		0,7	
	ПЭ-7,5-500 Ом 5%	2	160×50×10	0,287	
	ПЭ-7,5-250 Ом 10%	3	110×50×10	0,106	
2ТЭ10Л 70.50.015	ПЭ-7,5-500 Ом 5%				
ТЭЗ 20.1305сб.	ПЭ-7,5-250 Ом 10%				
ТЭЗ 22.1254сб.	ПЭ-7,5-500 Ом 5%				
ТЭЗ 25.1269сб.	ПЭ-7,5-250 Ом 10%				
	ПЭ-7,5-500 Ом 10%				

Таблица XI-28
Основные технические данные панелей с резисторами ЦФ

Обозначение панели	Обозначение резистора	Количество элементов	Сопротивление элемента, Ом	Габаритные размеры, мм	Испытательное напряжение, В	Масса, кг
ПС-3010	ЦФ-102/55	1	8	64×170×110	1500	0,85
ПС-3080	ЦФ-102/90	1	142	500×170×110	1500	4,24

Таблица XI-29
Основные технические данные резисторов МЛТ

Обозначение	Номинальная мощность, Вт	Пределы номинальных значений сопротивления, Ом	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
			Длина	Диаметр наибольший	Диаметр наконечников	
МЛТ-0,5	0,5	$10^2 - 5,1 \cdot 10^6$	70,8	4,2	0,85	1,0
МЛТ-1	1,0	$10^2 - 10^7$	73,8	6,6	0,85	2,0
МЛТ-2	2,0	$10^2 - 10^7$	78,5	8,6	1,1	3,5

Примечания. 1. Предельное рабочее напряжение резисторов 250—700 В.
2. Номинальная мощность указана при температуре окружающей среды до 70° С. При более высокой температуре допустимая мощность снижается.
3. Допускаемые отклонения номинальной величины сопротивления $\pm 5\%$; $\pm 10\%$ или $\pm 20\%$.

XI-15. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕЧИ, КАЛОРИФЕРЫ, СТЕКЛОБОГРЕВАТЕЛИ И ОБОГРЕВАТЕЛИ МАСЛООТДЕЛИТЕЛЕЙ

Электрические печи применяются при отоплении кабин машинистов в холодное время года. На большинстве электропоездов и электропоездов установлены трубчатые печи (рис. XI-93).

Печи ПЭТ-2 и ПЭТ-2А выполнены на напряжение 750 В, их включают при напряжении в контактом проводе 3000 В по четыре последовательно, а при напряжении 1500 В по две последовательно.

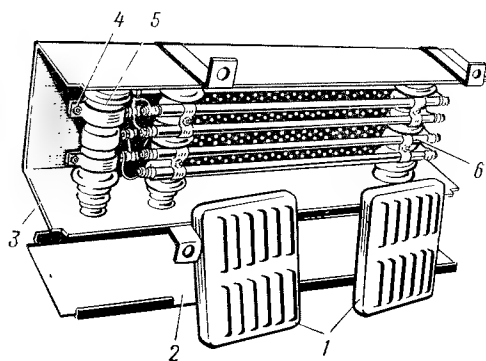


Рис. XI-93. Печь электрическая ПЭТ-2Б: 1,2 — крышки кожуха; 3 — кожух; 4 — клемма; 5 — изолятор; 6 — труба

Мощность печи составляет 1000 Вт, потребляемый ток 1,33А, сопротивление 566 Ом. На электропоездах ВЛ60*, ВЛ80* применяется электрическая печь ПЭТ-2Б с номинальным напряжением 380 В и номинальной мощностью 1000 Вт, на электропоезде ЧС2 — электрическая печь с номинальным напряжением 500В и номинальной мощностью 12 × 450 Вт, состоящая из отопительных элементов SVED.

На тепловозах ТЭ10, ТЭП10, 2ТЭ10, 2ТЭ40 применяются обогреватели для ног машиниста и помощника. В корпусе обогревателя смонтирован электронагреватель трубчатый ЭТ ТУ-0,5 мощностью 100 Вт при 75 В, длиной 440 мм.

Для обогрева отсека щелочной аккумуляторной батареи на тепловозах 2ТЭ10, ТЭ10, ТЭП10 (до № 199) и 2ТЭ40 применяются электронагреватели трубчатые ЭТ НЭ-1 ТУ-0,5 мощностью 200 Вт (13 шт.) при напряжении 50В, длиной 500 мм и ЭТ НЭ-1 ТУ-0,5 мощностью 320 Вт (две штуки) при напряжении 50В, длиной 800 мм.

Электрокалориферы применяют для подогрева наружного воздуха, поступающего в пассажирское помещение. На электрокалориферах используются трубчатые элементы ЭТ-80 с номинальной мощностью 800 Вт при 220 В. Три элемента включаются последовательно на напряжение 630 В.

Технические данные проволочных стеклообогревателей, применяемых на электропоездах, приведены в табл. XI-30.

На электропоездах применяются обогреватели маслоотделителей ЭТ-32, состоящие из двух элементов с номинальной мощностью 100 Вт при 50 В.

Таблица XI-30
Основные технические данные стеклообогревателей СЭ

Назначение	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Сопротивление элементов, Ом	Удельное сопротивление, Ом · мм ³ /м	Потребляемая мощность, Вт	Удельная мощность, Вт/см ²	Площадь обогрева, см ²	Тип электропоезда
Для лобового окна	110	2	55	1,07	220	0,0454	4840	ЭР9П
Для бокового окна	110	1,6	70	1,07	175	0,056	3120	ЭР22
То же	50	3,5	14,3	20,4*2	175	0,042	4158	ЭР2
		7,0*	7,15*		350*	0,084*		

* Параллельно включены два элемента.
*2 Величина в Ом/см.

XI-16. ИНДУКТИВНЫЕ ШУНТЫ

Индуктивные шунты включают последовательно в цепь резисторов, шунтирующих обмотки возбуждения главных полюсов тяговых двигателей. Технические данные индуктивных шунтов (рис. XI-94 — XI-97) приведены в табл. XI-31.

XI-17. КОНДЕНСАТОРЫ

На э. п. с. и тепловозах конденсаторы применяются для защиты аппаратов от перенапряжений, для уменьшения искрения контактов, подавления радиопомех и др. (табл. XI-32).

XI-18. КОНТРОЛЛЕРЫ МАШИНИСТА

Технические данные контроллеров машиниста (рис. XI-98 и XI-99) электропоездов отечественного производства приведены в табл. XI-33. Контакты этих контроллеров имеют раствор 4—7 мм (6—8 мм для КМЭ-67), провал 2,5—4 мм (1,5—2 мм для КМЭ-67), контактное нажатие 0,25—0,3 кгс.

Технические данные контроллеров машиниста электропоездов ЧС2, ЧС3, ЧС4 приведены в табл. XI-34. Нажатие контактов этих контроллеров 0,25 кгс.

Технические данные контроллеров машиниста электропоездов приведены в

Таблица XI-31
Основные технические данные индуктивных шунтов

Тип	Начальная индуктивность, мГ	Индуктивность, мГ, при токе 260А и частоте 50 Гц	Часовой ток, А	Номинальное напряжение относительно земли, В	Испытательное напряжение, В, в течение 1 мин	Активное сопротивление обмотки, Ом, при 20° С	Масса, кг	Тип э. п. с.
ИШ-412*	16	6	260	1500	15	$0,0199 \pm \frac{8}{5}\%$	179	ВЛ60к
ИШ-84*	2,2	1,5 (при токе 520А)	520	2000	15	0,0051	124	ВЛ80к
ИШ-95	—	—	—	—	—	—	—	—
AL-CV 34/4431	$2 \times 0,004^{*6}$	—	190	1015	—	—	393,5	ЧС2
AL-CV 34/4831	—	—	—	—	—	—	—	—
ИШ-104А*	300 (при 50А)	175 (при 100А)	35*2	3000	—	0,352	295	ЭР2
ИШ-406Д	—	—	243	3000	9,5	$0,5 \pm \frac{0,0025}{0,0025}^{*5}$	650	ВЛ8
ИШ-406Е	—	—	243	3000	9	$0,05 \pm \frac{0,0025}{0,0025}^{*5}$	650	ВЛ23
ИШ-108	52 (при 50А)	—	192*2	—	—	$\pm 0,0025^{*5}$	—	ЭР22
ИШ-2К	—	16/4,5*4	300/256*2	400*3	—	$0,0306^{*5}$	580	ВЛ10
				3000	—	$0,0236^{*5}$		

* Охлаждение воздушное принудительное.
*2 Ток длительного режима.
*3 Ток рекуперации.
*4 При полном насыщении.
*5 Сопротивление двух последовательно соединенных катушек.
*6 Размерность Г.

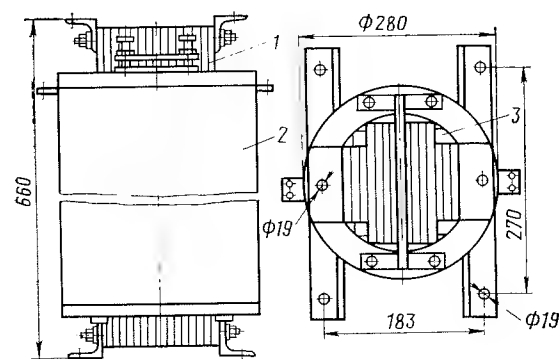


Рис. XI-94. Индуктивный шунт ИШ-412:
1 — магнитопровод; 2 — катушка; 3 — клин

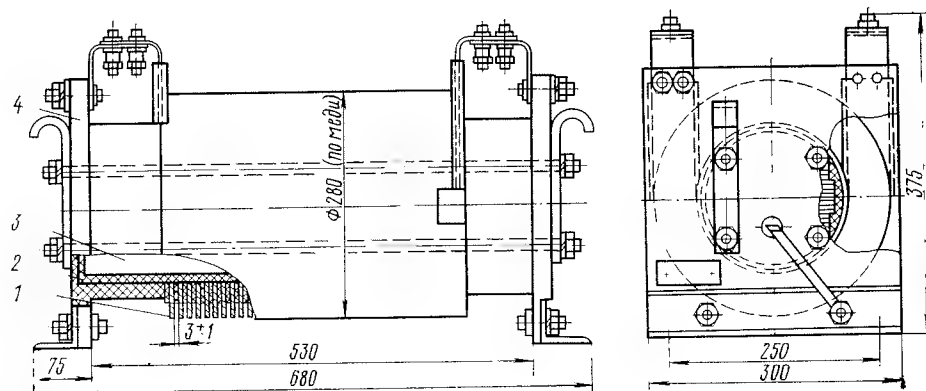


Рис. XI-95. Индуктивный шунт ИШ-84:
1 — катушка; 2 — изоляционный цилиндр; 3 — магнитопровод; 4 — гетнаксовая боковина

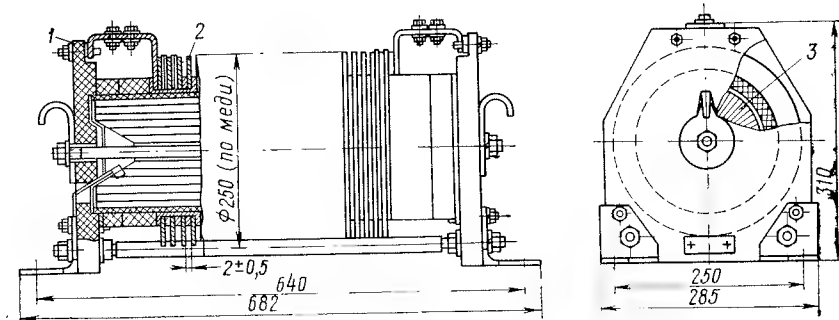


Рис. XI-96. Индуктивный шунт ИШ-95:
1 — гетнаксовая боковина; 2 — катушка; 3 — сердечник

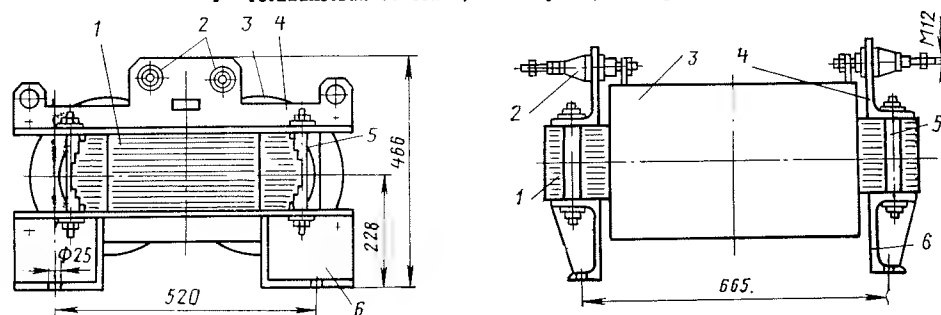


Рис. XI-97. Индуктивные шунты AL-CV 34/4831 и CV 34/4431:
1 — сердечник; 2 — фарфоровые изоляторы; 3 — катушки; 4 — стальные угольники; 5 — болты; 6 — рамы

Таблица XI-32
Технические данные конденсаторов электровозов

Тип	Назначение	Напряже-ние, В	Емкость, мкФ	Допустимые отклонения емкости
МБГ	В цепях постоянного и пульсирующего тока	400	4,0	Класс I, $\pm 5\%$ класс II, $\pm 10\%$ класс III, $\pm 20\%$
КБГ	При напряжениях от 10 до 1500 В в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов и в импульсных режимах	200 600 200 400	0,24 0,1 $2 \times 0,25$ 1,0	$\pm 10\%$ $\pm 10\%$ $\pm 10\%$ $\pm 10\%$
КБП	На напряжение постоянного тока до 1500 В и переменного частоты 50 Гц до 500 В при максимальном токе через стержень до 70 А, для подавления радиопомех	110 125 250	0,25 0,25 0,25	Класс II, $\pm 10\%$ класс III, $\pm 20\%$
КЭ	На напряжение 8—500 В для работы в цепях с постоянным или пульсирующим напряжением	300	30	$\pm 50-20\%$
КЗ	На напряжение 250—150 В для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов	250	0,5	$\pm 10\%$
МБМ	На напряжение 160—1500 В для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов	160	0,5	$\pm 20\%$
МКВ	На напряжение 260—500 В для работы в цепях постоянного тока	260	1,0	$\pm 20\%$
МБГ4	В цепях переменного тока	250	1	—
МБГ0	В цепях постоянного и пульсирующего токов	300	1	—
КБГ-П	В цепях постоянного и пульсирующего токов	300	30	—
К50-3	В цепях постоянного и пульсирующего токов	160	200	—

Таблица XI-33
Основные технические данные контроллеров машиниста электровозов отечественного производства

Тип	Количество контак-торов вала		Максимальный разрываемый ток, А	Масса, кг	Число фиксированных положений вала		Серия электро-воза
	главного	реверсивного			главного	реверсивного	
КМЭ-60-044	8	6	10	18,5	6	6	ВЛ60 ^к
КМЭ-55	8	6	5	18,5	6	6	ВЛ80 ^к
КМЭ-8Г	—	—	10	175	38	9*6	ВЛ8
КМЭ-23Н*	—	—	10	175	48	2	ВЛ23
КМЭ-4Б*2	23	3	—	173,9	36	3	ВЛ22 ^м
КМЭ-67*3	9	6	1	26	6	6	ВЛ80 ^г
КМЭ-8Е	—	—	10*4	175	37*6	9*6	ВЛ10

* Имеет вал ОП, 4 позиции.

*2 Имеет тормозной барабан (17 позиций и селективный барабан 13 позиций). Номинальный ток 20 А.

*3 Имеет тормозной переключатель с пятью фиксированными положениями. Номинальный ток 35 А (все остальные контроллеры, кроме КМЭ-23Н, имеют номинальный ток 50 А).

*4 При $U=50$ В и $L=50$ мГ.

*5 Не считая нулевой (16, 27, 37-я рабочие, остальные — пусковые).

*6 Указано число позиций реверсивно-селективной рукоятки. Контроллер имеет тормозной вал с 20 позициями (4 ослабления поля и 16 торможения).

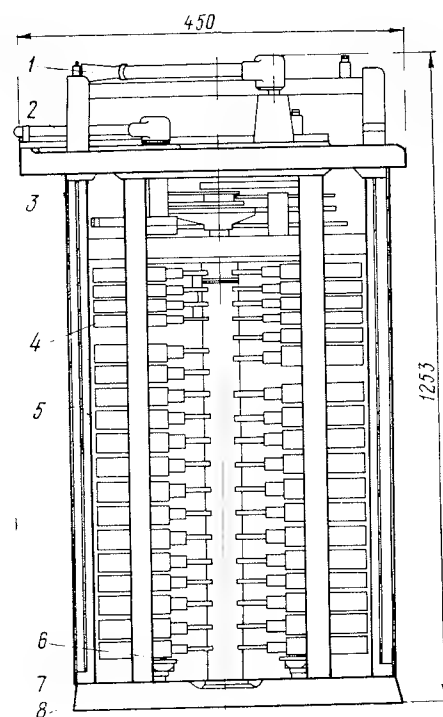


Рис. XI-98. Контроллер машиниста КМЭ-8Г:
1 — тормозная рукоятка; 2 — главная рукоятка;
3 — крышка; 4 — контактор кулачковый; 5 — кожух;
6 — рейка; 7 — рама; 8 — вал кулачковый

табл. XI-35, а контроллеров машиниста тепловозов (рис. XI-100, XI-101) — в табл. XI-36.

Контроллер машиниста KV6/V (K6/IV) (рис. 102) дизель-поезда Д имеет следующие технические данные: количество элементов главного барабана — 16, количество элементов вспомогательного барабана — 10, количество рабочих позиций — 8 (не считая нулевой). Реверсивный переключатель находится рядом с контроллером и заблокирован с ним механически (имеет пять позиций).

XI-19. АМПЕРМЕТРЫ, ВОЛЬТМЕТРЫ

Технические данные амперметров и вольтметров приведены в табл. XI-37. Все приборы щитовые (монтаж утепленный) магнитоэлектрической системы.

По степени защищенности корпусов приборы подразделяются на брызгозащищенные (M150, M151, M4200, M761), пыле- и брызгозащищенные (M358-M, M145, M415, M730).

По устойчивости к механическим воздействиям приборы подразделяются на вибротряскоударопрочные (M150), вибротряскопрочные (M151, M4200, M358-M, M358-M), ударопрочные (M145), тряскопрочные (M415, M730).

Шкала приборов бывает: черная со светящимися цифрами и знаками (M150); светлая, покрытая светомассой временного действия (M150/1); белая, цифры и знаки черные (M151, M4200, M358, M358-M, M761, M415); черная, цифры и знаки белые (M145); черная, цифры и знаки светящиеся, покрытые краской постоянного действия (M730).

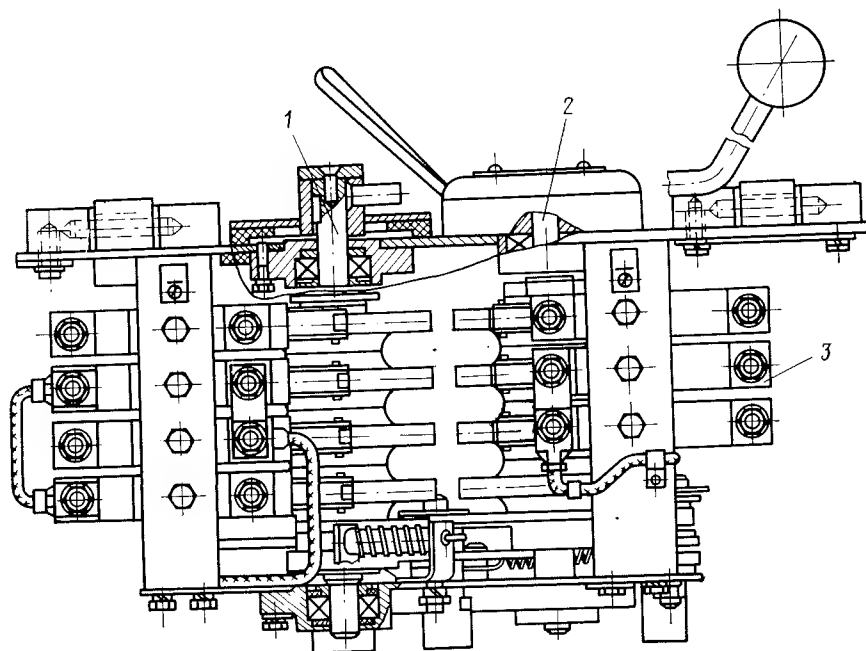


Рис. XI-99. Контроллер машиниста КЭМ-55:
1 — вал главный; 2 — вал реверсивный; 3 — контактор кулачковый

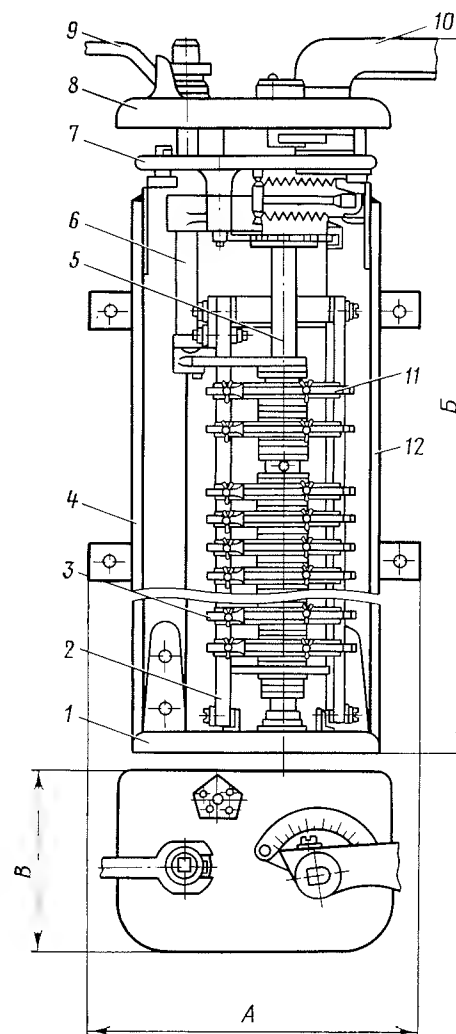


Рис. XI-100. Габаритный чертеж контроллеров типов KV-16A, KV-15A, KV-1500 и KV-0800:

1 — основание нижнее; 2 — доска крепления неподвижных контактов; 3 — неподвижный контакт; 4 — каркас; 5 — кулачковый вал; 6 — вал реверсивный; 7 — основание верхнее; 8 — крышка; 9 — реверсивная рукоятка; 10 — главная рукоятка; 11 — подвижной контакт; 12 — доска крепления подвижных контактов

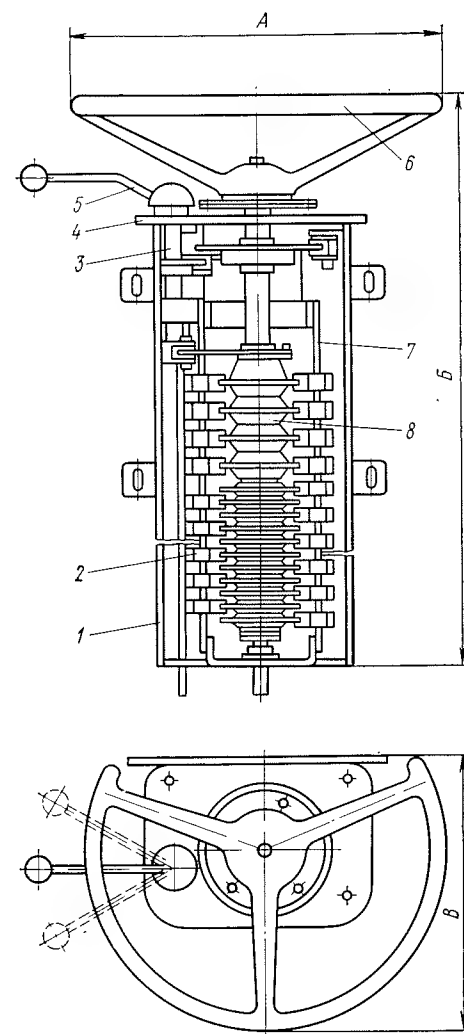


Рис. XI-101. Габаритный чертеж контроллеров типа KV-1552:

1 — корпус; 2 — кулачковый элемент; 3 — вал реверсивный; 4 — крышка; 5 — рукоятка реверсивная; 6 — штурвал; 7 — рейка; 8 — барабан кулачковый

Таблица XI-35

Основные технические данные контроллеров машиниста электропоездов

Тип контроллера	Серия электропоезда	Тип кулачкового контактора вала		Общее количество контакторов	Контактор безопасности	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток контактора, А	Число позиций главного вала	Угол поворота главного вала, град	Масса контроллера, кг	Усилие для нажатия на главную рукоятку, кгс	Усилие для удержания главной рукоятки в нажатом положении, кгс
		главного	реверсивного									
KMP-9A-1*	ЭР9П	KP-3A-1	KP-3A-1	8*2	1	110	20	6	0—135	22	6—10	1—2,5
KMP-2A-1*	ЭР2	KP-3A-1	KP-3A-1	12	—	50	20	8	0—185	25	6—10	1—2,5
KMP-10A*	ЭР22М	KЭ-42A	—	22	—	110	20/5*3	11	142—0—142	24	Не более 2,5*4	Не более 0,8×3

* Число фиксированных положений реверсивной рукоятки — 3. Угол поворота реверсивной рукоятки из нулевого положения в одно из рабочих — 30°—0°—30°.

*2 Количество контакторов: главного вала — 5; реверсивного вала — 3.

*3 В знаменателе — для блокировочного контакта безопасности.

*4 Приведено усилие нажатия на кнопку.

Таблица XI-36

Основные технические данные контроллеров тепловозов

Тип контроллера машиниста	Ток двигателя, А	Количество		Угол поворота, град.		Масса, кг	Габаритные размеры, мм (см. рис. XI-100, XI-101)			Серия тепловоза
		рабочих позиций	элементов главного барабана	главной рукоятки	главного барабана		А	Б	В	
KB-15A-1	20	8	7	112	112	22	270	760	169	ТЭ1
KB-15A-2	20	8	7	112	112	19,4	270	760	169	ТЭ1
KB-15A-5	20	8	8	112	112	20	270	520	169	ТЭ2
KB-0800	20	8	8	112	112	20	270	520	169	ТЭМ1
KB-0801	20	8	9	112	112	20	270	548	169	ТЭМ2
KB-16A-12	20	16	12	112	244	26	270	643	169	ТЭ3, ТЭ7
KB-1501	10	15	12	115	230	26	270	649	146	ТЭ10, ТЭП10, ТЭП60
KB-1508	10	15	12	113,5	227	22	270	643	169	М62, ТЭП10Л
KB-1509	10	15	12	115	230	26	270	643	169	ТЭП10Л, ТЭ109, ТЭ116, ТЭ10В
KB-1552	20	15	11	300	300	15	340	520	262	

Примечания. 1. Контроллеры типов KB-15A-1, KB-15A-2, KB-15A-5, KB-0800, KB-0801, KB-16A-12, KB-1501, KB-1508, KB-1509 имеют: номинальное напряжение 75 В, одну холостую позицию, три позиции реверсивной рукоятки, два элемента реверсивного барабана; угол поворота реверсивного барабана ±30°, раствор контактов 6—8 мм, провал 2,5—3,5 мм, нажатие контактов начальное 0,9—0,13 кгс, нажатие конечное 0,34—0,45 кгс.

2. Контроллер типа KB-1552 имеет номинальное напряжение 110 В, одну холостую позицию, три позиции реверсивной рукоятки, восемь элементов реверсивного барабана, угол поворота реверсивного барабана ±35°, раствор контактов 8 мм, провал 2 мм, нажатие контактов конечное 0,4—0,6 кгс.

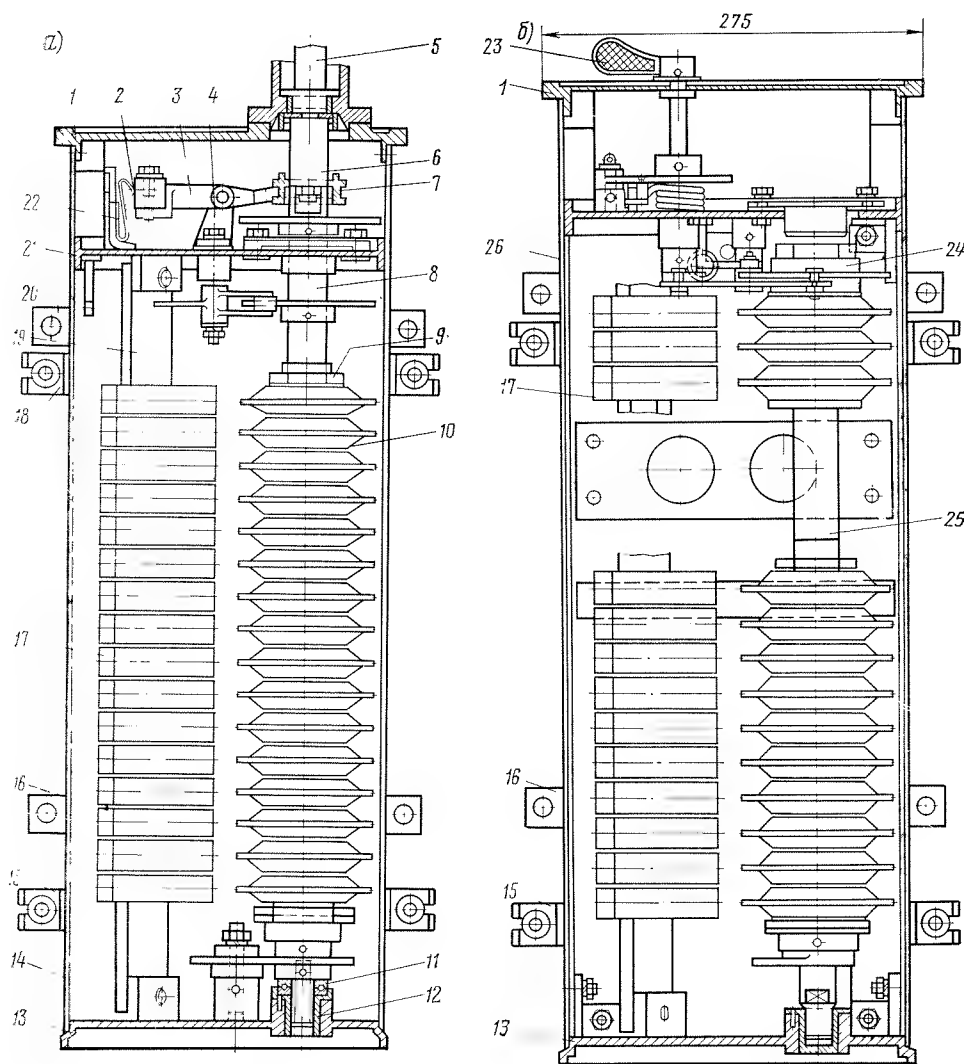


Рис. XI-102. Вид на главный барабан (а) контроллера машиниста KV6/V и на вспомогательный барабан (б):

1 — верхняя крышка; 2 — подвижной контакт; 3 — рычаг; 4 — стойка; 5, 6, 8 — вал; 7 — втулка; 9 — гайка; 10 — кулачковая шайба; 11 — подшипник; 12 — втулка шейки вала; 13, 21 — рамки каркаса; 14, 26 — кожух; 15, 16, 18, 20 — детали крепления контроллера; 17 — кулачковые контакторы; 19 — стойка; 22 — пружинный контакт; 23 — реверсивная рукоятка; 24 — вал переключения реверсора; 25 — вал вспомогательного барабана

Таблица XI-34

Основные технические данные контроллеров машиниста электровозов производства ЧССР

Тип контроллера	Количество барабанов	Число фиксированных положений барабанов					Серия электровоза
		отключающего	реверсивного	управления	командного	ослабления поля	
12K*	5	5	5	44	44	6	ЧС2 по № 304
20K*	5	2*2	5	44	44	6	ЧС2 с № 305
21K*	3	—	3	2*3	—	6	ЧС4

* Номинальный ток контактов 6А; номинальное напряжение 50 В.

*2 Указаны положения тормозного барабана, который установлен вместо отключающего.

*3 Указаны положения барабана управления переключателя ступеней. Кроме того, имеются еще три позиции с самовозвратом в положение Х.

Таблица XI-37

Технические данные электроизмерительных приборов

Тип прибора	Наименование прибора	Длина шкалы, мм	Угол шкалы, град	Класс точности	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Пределы измерения
M150	Амперметр	140	230	1,0*; 1,5	110×110×175	3,0	6000A 150—0—150
	Вольтметр	140	230	1,5	110×110×175	3,0	1000В 150В
M150/1	Амперметр	140	230	1,5	110×110×147	3,0	6000A
M151	Амперметр	140	230	1,5	110×110×147	1,7	6000A 300A
	Вольтметр	140	230	1,5	110×110×147	1,7	1500В 1000В 4000В
M4200	Амперметр	60	90	2,5	80×80×49	0,2	6000A, 4000A, 150—0—150 100—0—100 1000В
	Вольтметр	60	90	2,5	—	—	150В, 75В
M4200/1	Вольтметр	60	90	1,5	—	—	1000 В 150 В
M358*2	Амперметр	60	90	2,5	83×83×67	0,25	4000A 100—0—100A 200A
	Вольтметр	60	90	2,5	83×83×67	0,25	1500 В, 150 В, 75В
M358-M	Амперметр	50	80	2,5	83×83×67	0,3	1500A 100—0—100
M145	Амперметр	55	90	2,5	85×85×90	0,45	4000A 100—0—100A
M415*3	Амперметр	55	90	2,5	83×83×72	0,44	2000A, 1500A 100—0—100A
M730	Амперметр	140	230	1,5	110×110×150	1,1	2000A
M761	Амперметр	150	240	1,5	110×110×137	1,0	2000A
D151	Вольтметр	—	—	1,5	110×110×148	1,4	0—30 кВ

* Класс точности 1,0 для амперметров M150 со шкалой 140—0—150A.

*2 Приборы M358 сняты с производства, вместо них на тепловозах установлены приборы M4200.

*3 Приборы M415 сняты с производства, они могут быть заменены приборами M145 или M358-M.

Все амперметры включают в цепь с помощью шунтов 75ШС или 75ШСМ. Вольтметры M151 на 1500 В включают через добавочный резистор, на 1000 В — непосредственно; вольтметры M4200, M4200.1, M358 на 1000 и 1500 В — через добавочный резистор P-103, на 150 В — непосредственно.

На электроваззах чехословацкого производства установлены следующие измерительные приборы: амперметры типов DSPri4/D, имеющие пределы измерения 0—800A и 0—1000A, DFi65 с пределами измерения 100—0—100A, вольтметры DSPri 4 D, имеющие пределы измерения 0—4 кВ, и DFi65, с пределами измерения 0—90 В.

XI-20. СЧЕТЧИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

Технические данные счетчиков электрической энергии приведены в табл. XI-38. На электроподвижном составе устанавливают автомобильные электрические часы АЧВ, которые имеют следующие технические данные: напряжение питания 12В; суточная погрешность при $+20^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ составляет ± 1 мин при выпуске с завода и $\pm 1,5$ мин в эксплуатационных условиях; масса 700 г.

Применяют также автомобильные электрические часы АЧП-2 (на электропоезде ЭР2) с напряжением питания 12В.

Таблица XI-38

Технические данные счетчиков электроэнергии

Тип	Относительная погрешность, %	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток (при $\cos \varphi = 0,8$), А	Номинальная частота, Гц	Тип э. п. с.
СО-И442	$\pm 2,5$	220	5	50	ВЛ80 ^к , ВЛ60 ^к , ЭР9П
Д600М	2	3000	1500	—	ВЛ18, ЧС2
СКВТ-Д600М	$\pm 4^*$ $\pm 3^{*2}$ $\pm 4^{*3}$	3000	600	50	ЭР2
СКВТ-Д621	$\pm 3^*$ $\pm 2,5^{*2}$ $\pm 3^{*3}$	3000	300	50	ЭР2, ЭР22

* При нагрузках от 20 до 50% номинальной.

*2 При нагрузках от 51 до 120% номинальной.

*3 При нагрузках от 121 до 150% номинальной.

XI-21. АРМАТУРА ОСВЕЩЕНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЛАМПЫ

Технические данные патронов арматуры освещения приведены в табл. XI-39, а электрических ламп в табл. XI-40.

Патроны применяют марки Ц (резьбовые) и Ш (штифтовые). Резьбовые патроны не выпускают с 1965 г. Штифтовые патроны могут быть в металлическом корпусе (открытого и закрытого исполнения) или в пластмассовом корпусе (закрытого исполнения). В марках штифтовых патронов обозначения 1Ш, 2Ш указывают на наличие соответственно одного или двух подвижных контактов; 15, 22 — означают

Таблица XI-39

Технические данные патронов арматуры, освещения, применяемых на тепловозах и э. п. с.

Марка патрона	Напряжение, В	Мощность, Вт
Ц14	220	100
Ц27	220	300
1Ш-15К	36	50
2Ш-15К	36	50
2Ш-22Н	250	100
2Ш-22Ф	250	50
2Ш-15Н	250	50

внутренний диаметр корпуса в миллиметрах. Последние буквы указывают на способ крепления патрона: К — за корпус, Н — с помощью ниппеля, Ф — фланцем.

Все прожекторы имеют специальные патроны «Профокс» диаметром 51 мм, обеспечивающие точное фокусирование лампы.

XI-22. МЕЖЭЛЕКТРОВОЗНЫЕ, МЕЖКУЗОВНЫЕ И МЕЖВАГОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Межэлектровозные, межкузовные и межвагонные соединения цепей управления и высоковольтных цепей представляют собой комплект штепселя и розетки (рис. XI-103). Розетка высоковольтных цепей (рис. XI-104) имеет электрическую блокировку цепей управления, замкнутую только при полностью включенном штепселе. Технические данные этих соединений приведены в табл. XI-41.

Таблица XI-40

Основные технические данные электроламп, применяемых на тепловозах и э. п. с.

Тип и марка лампы	Напряжение, В	Мощность, Вт	Форма колбы ¹	Диаметр, мм	Марка цоколя
Железнодорожная Ж-80-60	80	60	Ш	61	2Ш22-2, Р27-1
Прожекторная ПЖ-23	50	500	Ц	60	1Ф-С51
В цилиндрических баллонах Ц2	60	15	Ц	25	2Ш15, Р14-3
В цилиндрических баллонах Ц4	110	25	Ц	31	2Ш22, Р27-1
Специальная СЦ6	55	15	Ш	33	2Ш15, 2Ш22-2
Специальная СЦ7	60	4,8	Ш	33	2Ш15-1
Специальная СЦ19	120	15	Ц	21	2Ш15-1
Специальная СЦ21	110	8	Ш	26	2Ш15
Самолетная СМ18	26	25	Ш	26	2Ш15
Самолетная СМ19	26	25	Ш	26	ИШ15-1
Для гусеничных машин ТН-1	28	5	Ш	20	ИШ15-1
Автомобильная А12-1	12	2,1	Ш	12	ИШ19-1

¹ Ш — шарообразная; Ц — цилиндрическая.

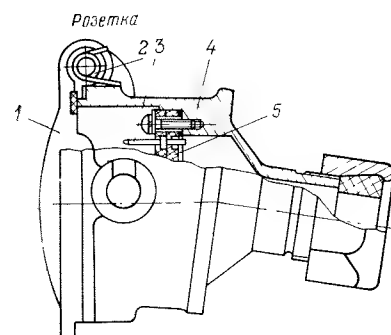


Рис. XI-103. Розетка РЗ-37Д:
1 — крышка; 2 — пружина; 3 — штырь; 4 — корпус;
5 — изолятор

Таблица XI-41

Технические данные межэлектровозных, межкузовных и межвагонных соединений

Марка	Номинальное напряжение, В	Длительный ток, А	Число контактов (гнезд)	Нормальное усилие для выключения, кгс, не более	Масса, кг	
					розетки	штепселя
РУ-101	110	20	34	20	12	4
ШУ-101						
РСБ-ШС*2						
20-16Б и В*2	3000	45/5*	1/1*	—	12,5	4,5
РЗ*3 ШУ-21	50	13	37	—	5,6	5,3
РУ-132*4	50	13	7	—	—	—
РУ-101А*3	110	20	34	20	12	4
РЗ-37Е	50	13	36	2	5,7	6
ШУ-37Е						
РЗ-37Д*3						
ШУ-20	50	13	37	—	5,6	5,3

* Данные приведены для блокировочного контакта.

** Для межсекционного соединения проводов высоковольтных цепей.

** То же для цепей управления.

** Для перевода одной секции электровоза на самостоятельную работу.

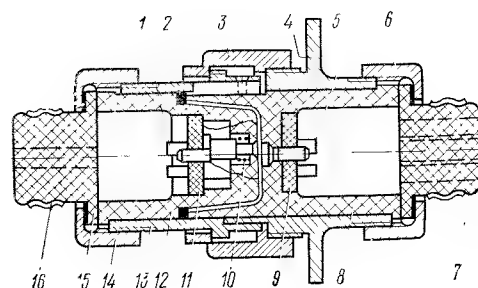


Рис. XI-104. Штепсельное высоковольтное соединение СШВ:

1 и 5 — гнезда штепселя; 2 — прокладка; 3 — накидная гайка штепселя; 4 — корпус розетки; 6, 14 — гайки; 7, 15 — резиновые втулки; 8, 9 — изоляторы розетки; 10 — пружина; 11, 12 — изоляторы штепселя; 13 — корпус штепселя; 16 — хомуты

XI-23. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ШИТЫ И КЛЕММНЫЕ РЕЙКИ

Распределительные щиты являются составными частями различных агрегатов на э. п. с. Распределительный щит РЩ-34 (рис. XI-105) статического зарядного агрегата на электровозе ВЛ80^к имеет следующие технические данные: номинальное напряжение 50В, максимальный длительный ток нагрузки 100А, масса 54 кг.

На э. п. с. и тепловозах применяют разные клеммные панели и коробки на различное количество выводов. Кроме того, используют клеммные наборы, разработанные тепловозостроительными заводами с количеством выводов от 2 до 20 (табл. XI-42).

Таблица XI-42

Технические данные клеммных реек

Тип	Длительный ток, А	Напряжение наибольшее, В	Испытательное напряжение переменное, действующее в течение 1 мин, В
ТЭ10.70.42.086÷÷094	25	250	3000
2ТЭ10.1.70.12.052÷÷054.056, 069, 060, 066, 070	25	250	3000
СК-1А	20	125	1500

XI-24. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ, КНОПОЧНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, НИЗКОВОЛЬТНЫЕ РОЗЕТКИ

На э. п. с. применяется автоматический выключатель управления Э-119 (рис. XI-106), имеющий следующие технические данные: нажатие включения контактов — 3,5 кгс/см²; выключения — 2,8—2,9 кгс/см²; количество контактов — 2.

Технические данные кнопочных выключателей (рис. XI-107) пультов управления приведены в табл. XI-43. Кнопочные выключатели КУ-5, КУ-9, КУ-12, КУ-34А, КУ-35А, КУ-37А имеют рабочее напряжение 50В и максимальный ток 10А; для КУ-5, КУ-9, КУ-12 контактное нажатие составляет 0,35—0,55 кгс, для КУ-34А, КУ-35А, КУ-37А усилие включения рукояток — 1,2—1,7 кгс. Цифры у КУ-5, КУ-9 и КУ-12 указывают число кнопок; в КУ-34А, КУ-35А и КУ-37А — число кнопок соответственно 5, 12, 9.

Низковольтные розетки (рис. XI-108 и XI-109) имеют следующие технические данные:

Тип розетки	РН-1	РЗ-8Б	РУ-101А
Номинальное напряжение, В	440	50	220
Длительный ток, А	400	6	20

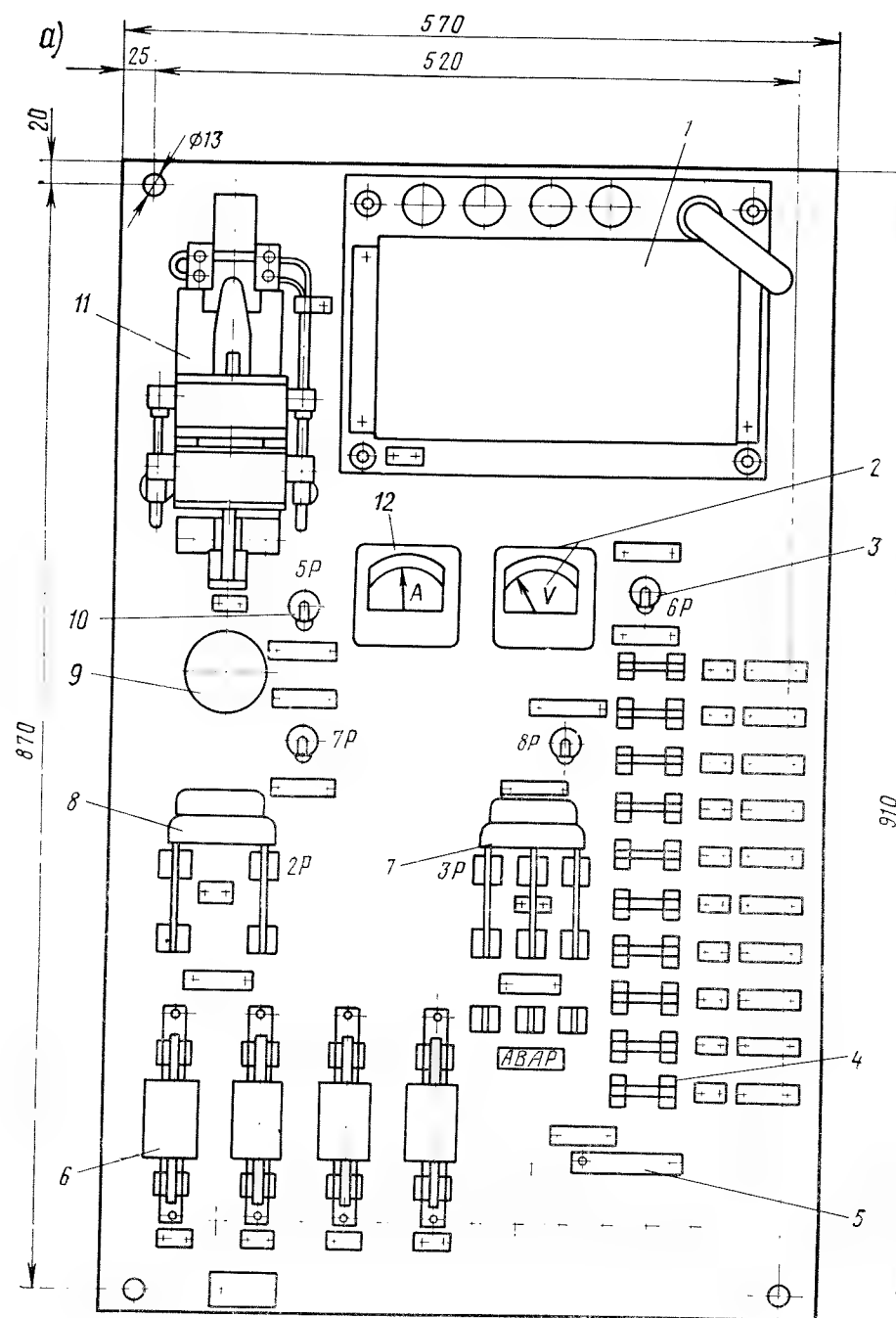


Рис. XI-105, а. Лицевая сторона распределительного щита РЩ-34:

1 — панель бесконтактного регулятора; 2 — вольтметр; 3 — переключатель для замера напряжения на батарее и в цепи управления; 4 и 6 — предохранители; 5 — специальный болт и шина для проверки предохранителей; 7 — переключатель цепей управления из нормального в аварийный режим питания; 8 — рубильник для включения батареи; 9 — лампа; 10 — выключатель лампы; 11 — контактор; 12 — амперметр

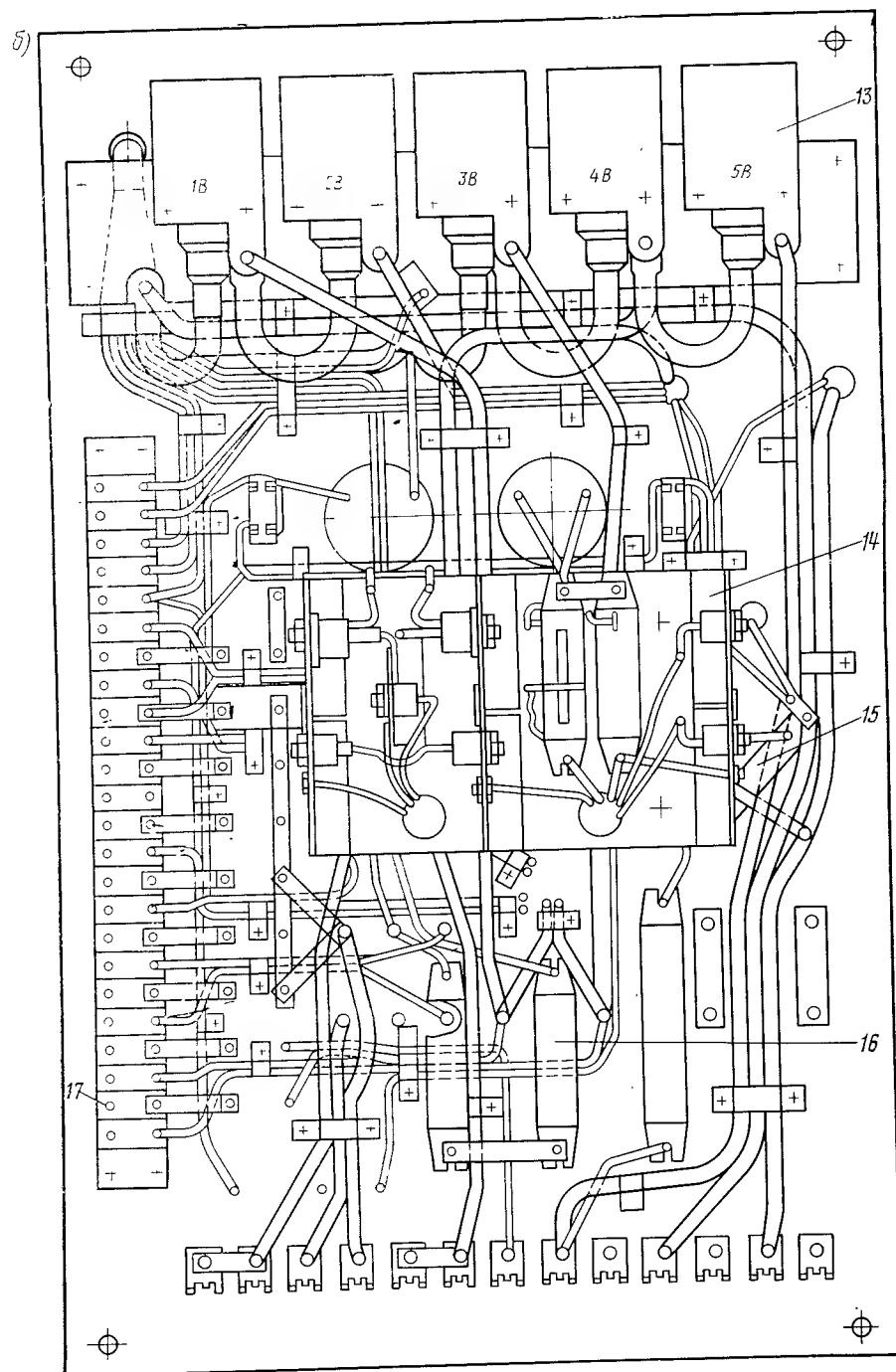


Рис. XI-105, б. Распределительный щит РЩ-34 — вид с монтажной стороны:
13 — панель силовых выпрямителей; 14 — панель вентилялей; 15 — шунт амперметра; 16 — добавочный резистор; 17 — контактные зажимы

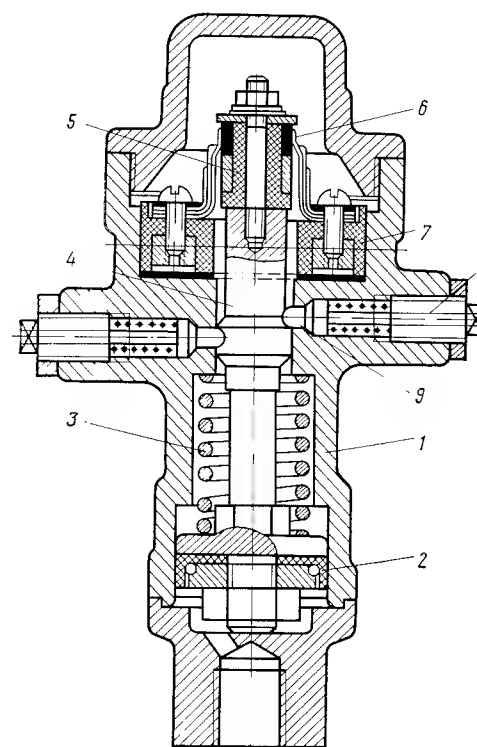


Рис. XI-106. Автоматический выключатель управления Э-119:
1 — корпус; 2 — поршень; 3 — пружина; 4 — шток; 5 — изоляционная втулка; 6 — контакты; 7 — изоляционная колодка; 8 — винт; 9 — стопорный штифт

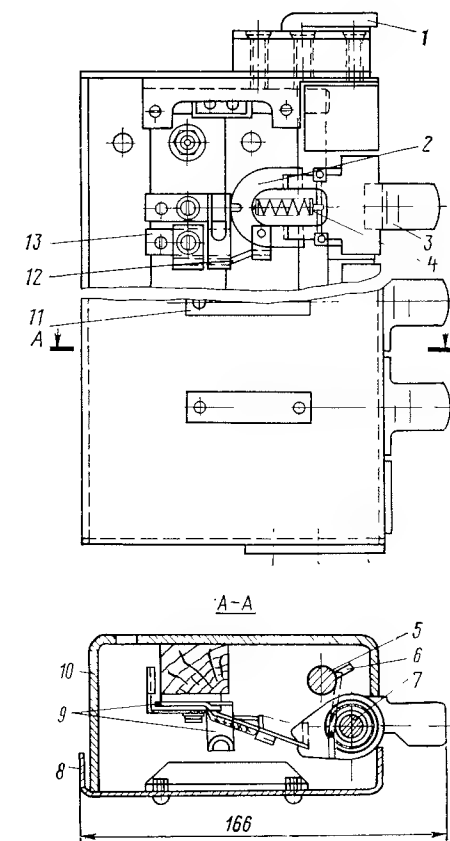


Рис. XI-107. Выключатель КУ:
1 — блокирующая рукоятка; 2 — подвижной контакт; 3 — рукоятка; 4 — пружина; 5, 7 — валики; 6 — палец; 8 — крышка; 9 — неподвижные контакты; 10 — корпус; 11 — табличка; 12 — гибкий проводник; 13 — изоляционная планка

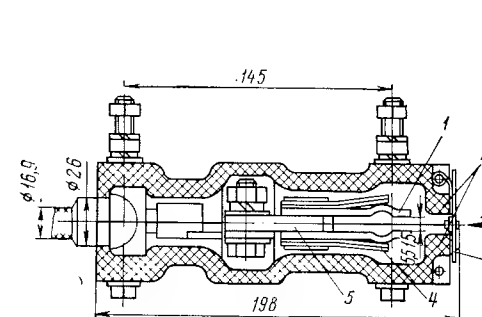


Рис. XI-108. Розетка низковольтная РН-1:
1 — контактное устройство; 2 — изолятор; 3 — крышка; 4 — пружины; 5 — контактная пластина

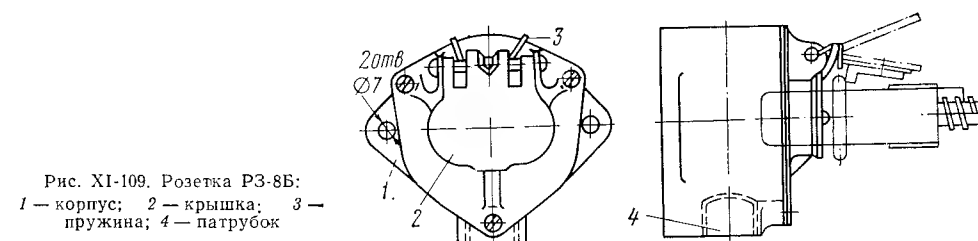


Рис. XI-109. Розетка РЗ-8Б:
1 — корпус; 2 — крышка; 3 — пружина; 4 — патрубок

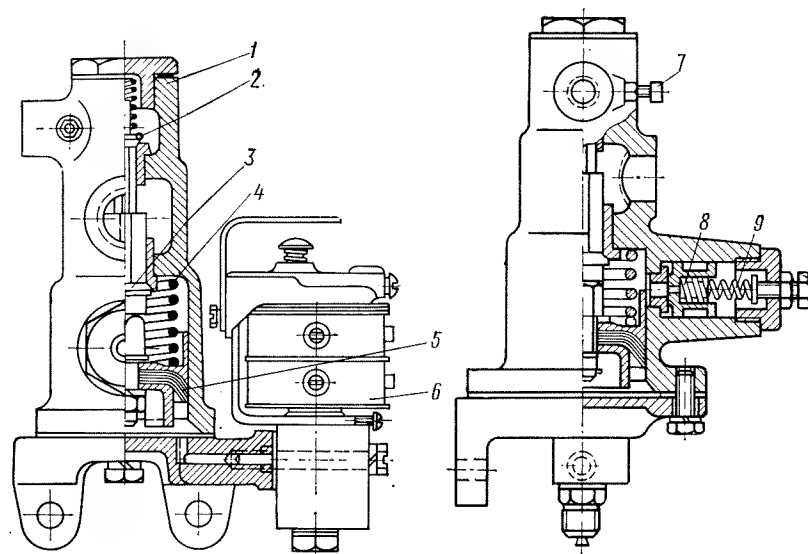


Рис. XI-110. Клапан токоприемника КР-17-09А:
1 — корпус; 2 — впускной клапан; 3 — выпускной клапан; 4 — выключающая пружина; 5 — поршень; 6 — вентиль включающий; 7 — болт регулировочный; 8 — редукционный клапан; 9 — пружина редукционного клапана

Таблица XI-43
Основные технические данные кнопочных выключателей пультов управления

Марки выключателей	Количество кнопок			Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	всего	с пружиной	с пружиной		
ВК-2, ВК-12А-3	12	2/1	3/2	687×95×158	9,1
ВКР-1208, ВКР-1200	12	2	—	842×83×289	8,9
КУ-26А-1	15	1	—	595×82×161	23,8

Примечания. 1. В числителе указано количество кнопок для выключателей ВК-2, ВКР-1208, в знаменателе — для выключателя ВК-12А-3.

2. У всех выключателей контакты пальцевые, нажатие пальцев 1—1,25 кгс, рабочее напряжение 75 В, максимальный ток 15 А.

XI-25. КЛАПАНЫ ТОКОПРИЕМНИКОВ, ПЕСОЧНИЦ И ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Технические данные электропневматических клапанов токоприемников КР-17-09А (рис. XI-110), КЛП-101А, КЛП-101Б, КС-52, песочниц КР-38 (рис. XI-111), 9VZ, КР-51 и звуковых сигналов КР-1, КР-1А, КР-13 приведены в табл. XI-44.

Начальное испытательное давление при проверке клапанов на герметичность со-

Таблица XI-44

Основные технические данные клапанов токоприемников, песочниц и звуковых сигналов

Тип клапана	Номинальное напряжение вентилей, В	Номинальное давление сжатого воздуха, кгс/см ²	Масса, кг	Давление срабатывания, кгс/см ²
КР-17-09А	50	5	8,7	3,75
КР-1	50	5	8,7	3,75
КР-1А	50	5	6,7	3,75
КР-13	—	—	1,2	7,5—9
КР-38	—	—	1,2	7,5—9
9	50	1—6	2,75	—
КЛП-101А	50	5	12,6	3,5
КЛП-101Б	110	5	—	—
КР-51	—	7,5—9	1,15	—
КС-52	—	7,5—9	1,15	—
КЭ-44	50	5	6	5
КРЭ-64	75	5	6	5

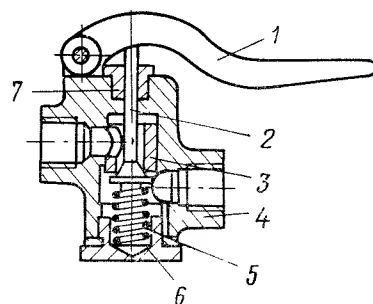


Рис. XI-111. Клапан КР-38:

1 — рукоятка; 2 — клапан; 3 — втулка; 4 — корпус; 5 — пружина; 6 — пробка; 7 — уплотнитель

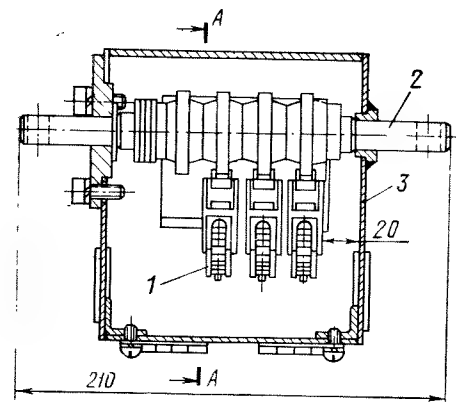
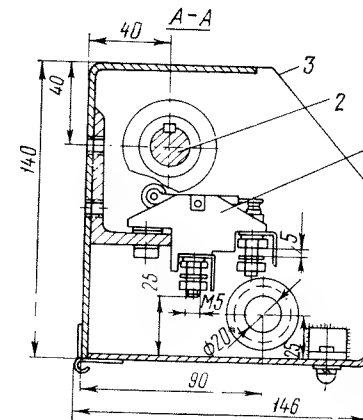


Рис. XI-112. Электрическая блокировка БЭ-126:
1 — кулачковый контактор; 2 — вал кулачковый; 3 — корпус



ставляет 6,75 кгс/см². Испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания изоляции в течение 1 мин равно 1500 В.

XI-26. БЛОКИРОВКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАМЕР И ЛЕСТНИЦ, ВЕНТИЛИ ЗАЩИТЫ

Блокировки высоковольтных камер (ВВК) и лестниц (рис. XI-112) имеют следующие технические данные:

Тип блокировки	БЭ-126	БУ
Номинальное напряжение, В	50	50
Длительный ток, А	30	35
Масса, кг	3,85	3,6

Пневматическая блокировка дверей ВВК (рис. XI-113) и крышек люков ПБ-33-02 имеет следующие технические данные: ход штока 24 мм; номинальное давление сжатого воздуха 5 кгс/см²; минимальное давление сжатого воздуха 3,6 кгс/см²; масса 3,1 кг.

На электровазах чехословацкого производства применяются электромагнитные защелки 3ЗВ для блокировки щитов, отделяющих ВВК от коридоров. Технические данные катушки электромагнита следующие: номинальное напряжение 48В; максимальное рабочее напряжение 58В; минимальное напряжение, при котором втягивается якорь, 34В; сопротивление катушки 180 Ом; масса защелки 1,54 кг.

Вентиль защитный ВЗ-1 включается при напряжении управления 40В, масса его 3,2 кг.

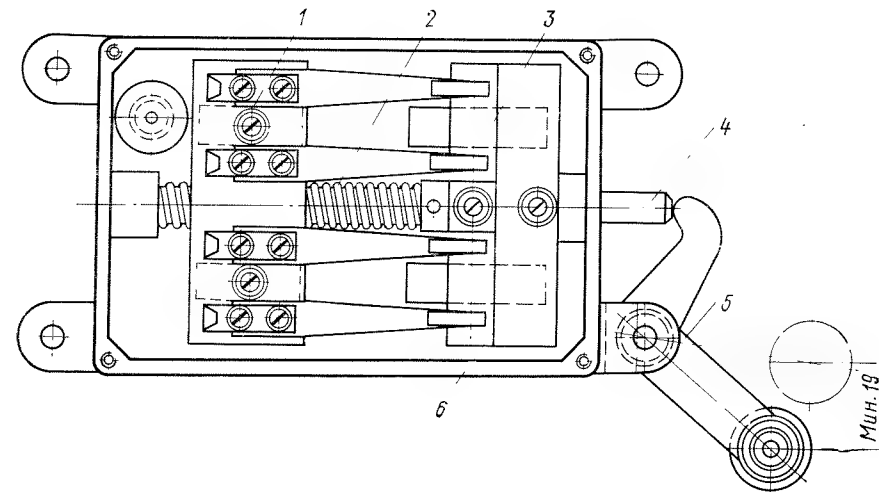


Рис. XI-113. Блокировка двери высоковольтной камеры В-22-01:
1 — пальцедержатель с контактными пальцами; 2 — пружина; 3 — сегментодержатель с сегментами; 4 — шток; 5 — рычаг; 6 — корпус

Вентиль защиты ВЗ-60 (рис. XI-114) имеет массу 5,1 кг, давление воздуха 5 кгс/см², технические данные его следующие:

Катушки	Постоян- ного тока	Перемен- ного тока
Пределы напряжения, В	30—50	270—420
Число витков	3700	4500
Сопротивление при 20° С,		
Ом	195	170
Диаметр провода, мм	0,23	0,25
Марка провода	ПЭВ-1	ПЭВ-1

XI-27. АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Технические данные аккумуляторных батарей (рис. XI-115—XI-118) приведены в табл. XI-45. Элементы во всех батареях соединены последовательно.

XI-28. УКАЗАТЕЛИ ПОЗИЦИЙ

Указатели позиций УП5 (рис. XI-119) служат для указания положения вала главного контроллера.

Сельсин НС-404 имеет следующие технические данные: напряжение 110 В, ток 0,42 А, мощность — 13 Вт.

XI-29. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ШТАНГИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТВОДА ТОКА В РЕЛЬСЫ

Заземляющие штанги рассчитаны на работу при номинальном напряжении 25 кВ, 50 Гц. Один раз в год штангу рис. XI-120 испытывают напряжением 40 кВ, 50 Гц в течение 5 мин, а штангу рис. XI-121 — напряжением 75 кВ, 50 Гц.

Устройство для отвода тока в рельсы 5РС (рис. XI-122) рассчитано на номинальный ток 500 А, обладает незначительным сопротивлением, благодаря чему весь ток

Таблица XI-45

Основные технические данные аккумуляторных батарей

Тип батарей	Количество элементов	Напряжение батарей, В	Номинальная емкость аккумулятора, А·ч	Нормальный ток, А		Количество электролита на один аккумулятор, л	Масса с электролитом, кг	Серия подвижного состава
				заряда 6-часового режима	разряда 8-часового режима			
КН-45	90	110	45	11,25	5,65	0,45	—	ЭР9П, ЭР22
КН-100	42	50	100	25	12,5	1,20	—	ВЛ60к, ВЛ80к
НКТ-120	36	—	120	30*	24*	—	8,6	ЧС2
90КН-100	—	—	100	25	12,5	1,2	6,6	ЭР2
33КН-100	36	—	100	25*2	—	1,2	6,5	ВЛ8
NIFEKD25 щелочная	80	105	250*4	—	125*5	2,2	15	ЧМЭ2
2СК 310 щелочная	40	50	310*6	—	—	—	—	ВМЭ1
6СТЭ-128 (6СТ-128)	6	12	112*3	—	11,2*7	1,2	58	ТГМ1
СК-400 (S-40)	40	50	400	85,6*2	133,3*8	—	—	Д
24ЭП80, 24ЭПМ80	24	48	—	—	—	—	—	ЭР1
24ЭПМ80Б, 46ТПЖН-550	46	57,5	550	—	—	8	50,0	2ТЭ10, ТЭ10, ТЭП10, 2ТЭ10Л, ТЭП10Л, ТЭМ2
32ТН-450 32ТН-550	32	64	450/550*3	550	—	7/7,8	36/41	ТЭ3, ТЭ2, ТЭП60, ТЭ1, ТГ16, ТГ102

* Без указания продолжительности режима.

*2 Для 7-часового режима.

*3 При 10-часовом режиме разряда.

*4 При 4-часовом режиме разряда.

*5 Ток 2-часового разряда.

*6 При 3-часовом разряде током 103,3 А.

*7 При 10-часовом режиме.

*8 При 3-часовом режиме.

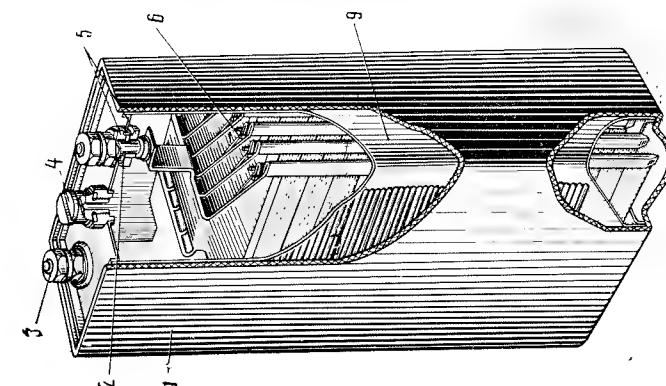
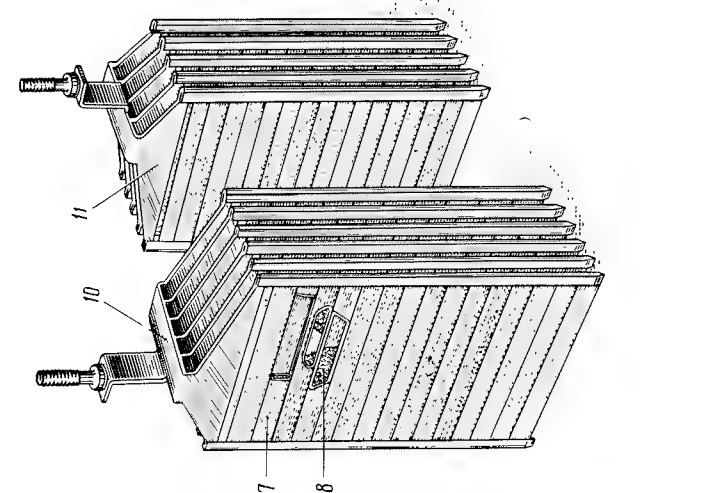


Рис. XI-115. Элемент аккумулятора КН-100 и блоки пластин:
1 — резиновый чехол; 2 — козырь, 3 — шпильки выводные; 4 — пробка; 5 — втулка изоляционная; 6 — палочка; 7 — пакет; 8 — масса активная; 9 — корпус; 10 — блок отрицательный; 11 — блок положительный

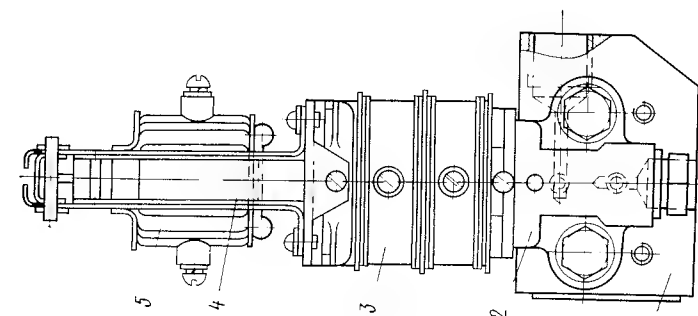


Рис. XI-114. Вентиль защиты:
1 — коробка распределительная; 2 — корпус; 3 — катушка цепи постоянного тока; 4 — магнитопровод; 5 — катушка цепи переменного тока

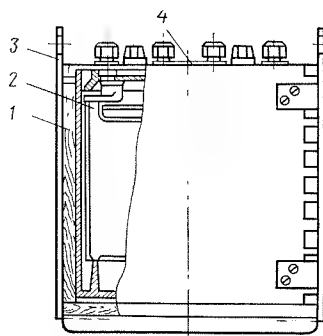
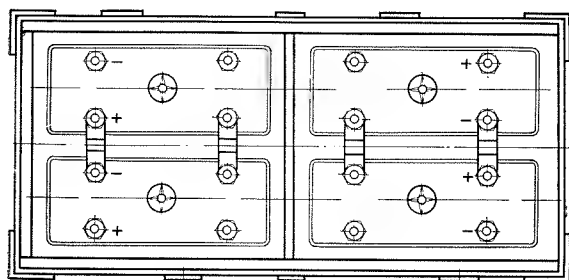
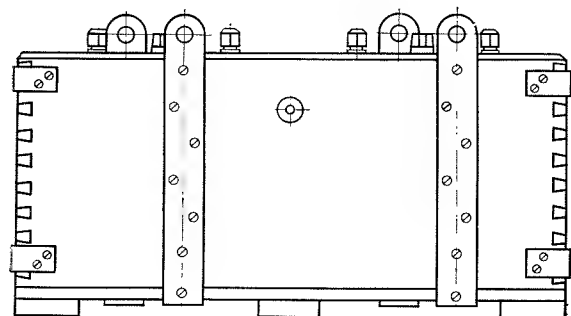


Рис. XI-116. Секция тепловозной аккумуляторной батареи 32ТН-450:

1 — ящик; 2 — элемент батареи; 3 — подвеска; 4 — межэлементные соединения

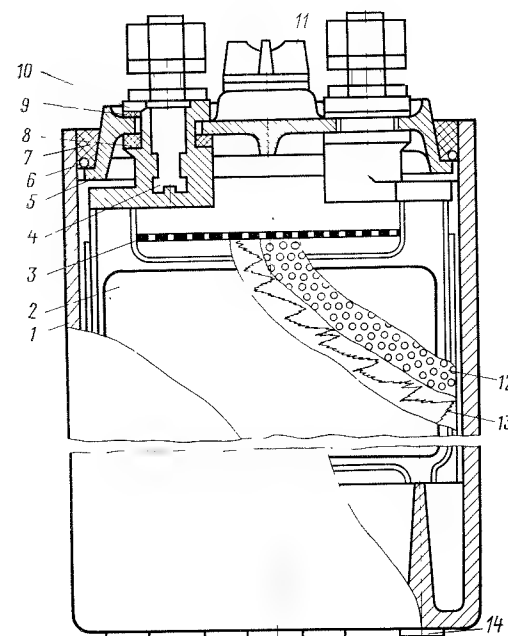


Рис. XI-117. Элемент тепловозной кислотной аккумуляторной батареи 32ТН-450:

1 — бак; 2 — пластины; 3 — щиток; 4 — контакт; 5 — крышка; 6 — асбестовый шнур; 7 — мастика; 8, 9 — резиновые шайбы; 10 — конусное кольцо; 11 — пробка; 12, 13 — сепараторы; 14 — резиновые амортизационные полосы

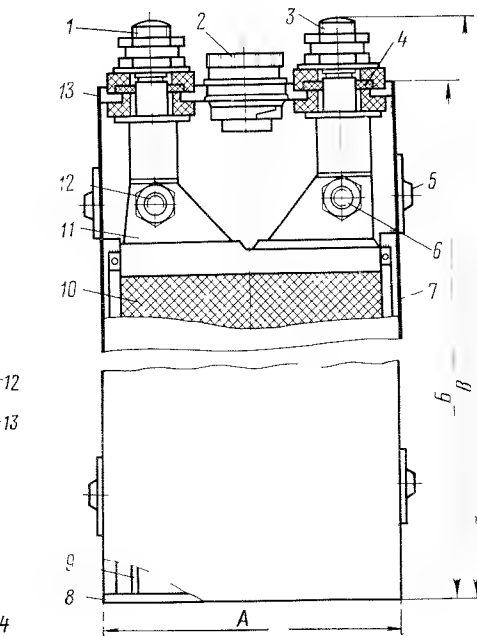


Рис. XI-118. Элемент аккумуляторной батареи К-400:

1 — положительный зажим; 2 — пробка; 3 — отрицательный зажим; 4 — резиновое кольцо; 5 — амортизатор; 6 — отрицательный комплектный зажим; 7 — стенка банки; 8 — дно банки; 9 — изоляционный стержень; 10 — положительная пластина; 11 — петушок положительной пластины; 12 — положительный комплектный зажим; 13 — верхняя крышка

Рис. XI-119. Указатель позиции УП-5:
1 — крышка; 2 — стекло; 3 — шкала; 4 — корпус; 5 — сельсин-приемник НС-404; 6 — панель; 7 — стрелка

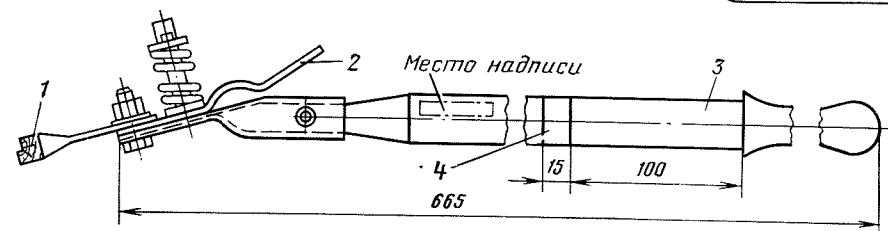
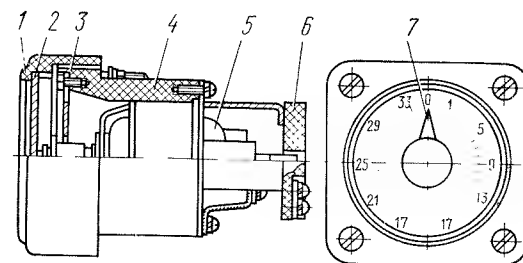


Рис. XI-120. Штанга ШЗ-60:

1 — провод; 2 — контактный палец; 3 — деревянная штанга; 4 — ограничительный пояс

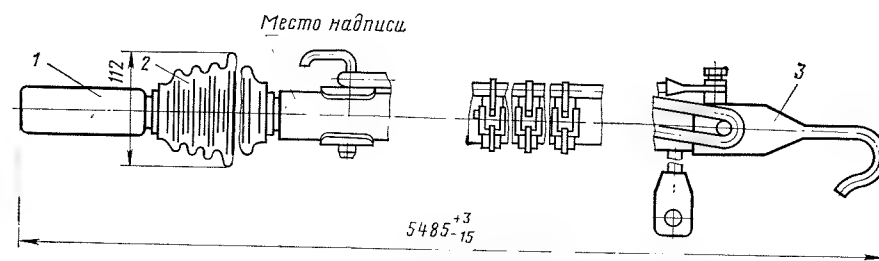


Рис. XI-121. Штанга заземляющая:

1 — изоляционная рукоятка; 2 — изолятор; 3 — изоляционная труба с крюком

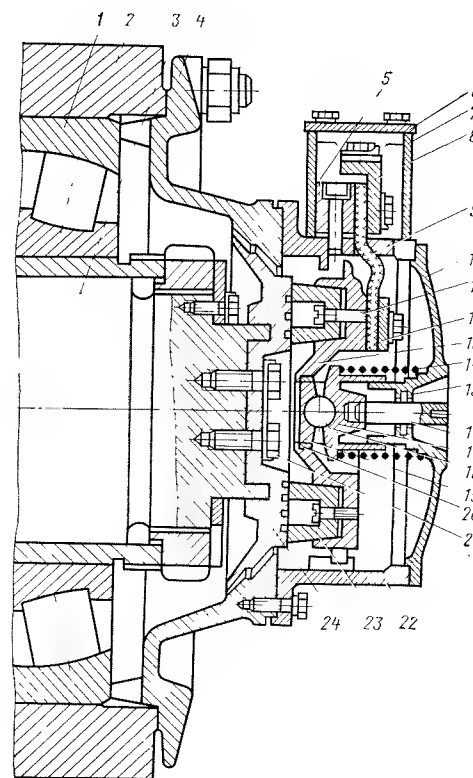


Рис. XI-122. Устройство для отвода тока:
1 — сферический подшипник; 2 — корпус буксы; 3 — ось; 4 — крышка буксы; 5 — держатель; 6 — крышка кожуха; 7 — кожух; 8 — зажим; 9 — гибкое соединение; 10 — крышка; 11 — болты; 12 — прижимная накладка; 13 — держатель; 14 — специальная пружина; 15 — войлочное уплотнение; 16 — шпилька; 17 — втулка; 18 — шарик; 19 — гнездо из текстолита; 20 — стальной стакан; 21 — болты; 22 — корпус устройства для отвода тока; 23 — контактное кольцо; 24 — тарелка

ХИ-30. РЕЛЕ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Основные технические данные и область применения различных реле указаны в табл. ХИ-46 — ХИ-50.

Таблица ХИ-46

Основные технические данные реле защиты

Тип реле	Номинальное напряжение катушки, В	Уставка	Минимальная величина разности напряжения срабатывания, В	Номинальный ток катушки, А	Сопротивление катушки при 20°С, Ом	Количество контактов*	Напряжение контактов, В	Ток контактов, А	Провал контактов, мм	Раствор контактов, мм	Масса, кг	Серия электрова
РПН-3	3000	4000/3000В*3	—	—	158	1/1	50	5	2	3	4,5	ВЛ8
РПН-18	3000	4000/3000В*3	—	—	158	2/2	50	5	1,5—2	2,5—3	3,8	ВЛ10
РПН-3	3000	2700/1900В*3	—	—	158	1/1	50	5	2	3	4,5	ВЛ8
РПН-048	3000	2700/1900В*3	—	—	158	0/1	50	5	1,5—2	2,5—3	3,1	ВЛ10
РКЗ-3	3000	2200В/—*3	—	—	158	1/1	50	5	2	3	4,5	ВЛ8
РР-3	3000	0,1/0,052—0,0065А*4	—	—	540	1/0	50	5	1,5—2	2—3	2,2	ВЛ8
РР-4	3000	0,025—0,3/0,005—0,0062А*4	50—100	—	920	1/0	50	5	1,5—2	2—3	2,3	ВЛ10
РБ-3	3000	—	70—80	0,13	1020	0/1	50	5	2—2,5	2—2,2	8	ВЛ8
РБ-4М	3000	—	20,3—21,75	—	2900	0/1	50	5	0,7—1,0	0,7—1,0	4,6	ВЛ10
РБ-192	—	—	0,75—0,85	2,23	4,08	1/0	50	5	2—2,5	2—2,2	7,0	ВЛ60 ^к , ВЛ80 ^к
РКЗ-306	380	—	0,07—0,075	—	440	0/2	50	5	2—3	4—5	0,21	ВЛ80 ^к
РТ-406В	3000	625±30А*4/—	—	450	—	2/1	50	5	2	3	6,7	ВЛ8, ВЛ10
РТ-430Б	3000	50А*4/—	—	11	0,0043	1/0	50	5	2	3	6,6	ВЛ8
РТ-050	3000	50А*4/—	—	15	0,0042	1/0	50	5	1,5—2	2,5—3	3,5	ВЛ10
РТ-253	3000	1500±50А*4/—	—	1000	—	1/1	50	3	2,6±±0,5	3,6±±0,8	2,9	ВЛ80 ^к
РТ-255	3000	3500±±175*4/—	—	1000	—	1/1	50	3	2,6±±0,5	3,6±±0,8	2,9	ВЛ80 ^к
РТ-196	2000	840±40*4/—	—	500	—	1/0	50	3	—	—	—	ВЛ60 ^к
РЗ-303	220/50*2	—/—	—	—	160/120*2	2/2	50	5	2—3	4—5	2,5	ВЛ80 ^к

* В числителе — число размыкающих контактов, в знаменателе — замыкающих.
 *2 В числителе — данные для катушки переменного тока, в знаменателе — для катушки постоянного тока.
 *3 В числителе — напряжение включения, в знаменателе — отключения.
 *4 В числителе — ток включения, в знаменателе — ток отпадания.

Таблица ХИ-47

Основные технические данные промежуточных реле

Тип реле	Номинальное напряжение катушки, В	Уставка	Сопротивление катушки при 20°С, Ом	Контакты			Масса, кг	Серия электрова
				Количество*	Провал, мм	Раствор, мм		
РП-2/1	50	0,18А	158	2/1	2	3	4,6	ВЛ8
РП-0/4	50	0,18А	158	0/4	2	3	4,6	ВЛ8
РП-472	50	—	156	4/0	2—3	4	2,55	ВЛ10
РП-473	50	—	156	2/2	2—3	4	2,55	ВЛ10
РП-227	50	28±2В*2	266*3	4/0	2—3	4	2,55	ВЛ80 ^к
РП-280	50	28±2В*2	266*3	2/2	2	4	2,5	ВЛ80 ^к
РП-282	50	28±2В*2	266*3	4/0	2	4	2,5	ВЛ80 ^к
РП-396	16	11±2В*2	84	2/2	2,5	1,5	2,5	ВЛ80 ^к
РП-2/2	50	0,33—0,35А	158	2/2	2+1	4+1	4,1	ВЛ60 ^к
РП-1/4	50	0,3—0,35А	158	1/4	2+1	4+1	5	ВЛ60 ^к
РП-190	48	—	—	5/0	0,2—1	2,5	0,7	ВЛ60 ^к

* В числителе — число замыкающих, в знаменателе — размыкающих контактов.
 *2 На электровазах ВЛ80^к с № 300 это напряжение равно 20±5 В.
 *3 На электровазах ВЛ80^к с № 300 это сопротивление равно 156 Ом.

Таблица ХИ-48

Основные технические данные реле времени

Тип реле	Номинальное напряжение катушки, В	Минимальное напряжение срабатывания реле, В	Напряжение контактов относительно земли, В	Сопротивление катушки* при +20°С, Ом	Контакты			Пределы регулирования выдержки времени переключения контактов при отключении реле, с	Масса, кг	Серия электрова
					Количество*2	Раствор, мм	Провал, мм			
РЭВ-312	50	30 _{—6}	3500	240	3/0	1,5—2	2	0,5—0,6	2,5	ВЛ80 ^к
РЭВ-294	50	30 _{—6}	50	221	3/0	1,5—2	2	2—3	2,5	ВЛ80 ^к
РЭВ-245	50	30 _{—6}	—	161	2/0	1,5—2	2	0,5—3	2,6	ВЛ60 ^к
РЭВ-814	48	—	—	—	1/1	3,5—4	1,5—2	4—5*3	2,6	ВЛ110
								3,8—5,5		

* На электровазах ВЛ80^к, начиная с № 300, сопротивление катушки реле РЭВ-312 равно 133 Ом, реле РЭВ-294—148 Ом, напряжение срабатывания 25±5 В.

*2 В числителе дано число замыкающих контактов, в знаменателе — размыкающих.

*3 В числителе даны пределы регулирования выдержки времени отключением катушки, в знаменателе — закорачиванием.

короткого замыкания проходит практически через него.

Блок дифференциальных реле БРД-204, устанавливаемый на электровазах ВЛ80^к и ВЛ60^к, имеет следующие технические данные:

Номинальное напряжение силовой цепи 2500 В

Длительный ток силовой цепи (эффективное значение однополупериодного выпрямления) 1500 А

Параметры блок-контактов в цепи переменного тока:

напряжение 380 В

ток по нагреву 10 А

количество размыкающих контактов (имеют один общий вывод) 2

количество размыкающих контактов (соединены последовательно) 2

Сопротивление удерживающей катушки 3,6 Ом

Ток в цепи удерживающей катушки при напряжении 50 В 0,5—0,7 А

Ток срабатывания (разность токов в силовых витках)¹ 500—50/30 350±50А

Время срабатывания от момента достижения тока значения уставки до начала касания размыкающих контактов в цепи переменного тока при скорости силового тока 1,3·10⁶ А/с, не более¹ 0,01/0,016 с

Раствор контактов 4+1 мм

Провал » 2+1 мм

Нажатие на мостик, не менее 0,18 кгс

Воздушный зазор между якорем и серединой полюса магнитопроводов в разомкнутом положении 4±0,5 мм

Площадь прилегания якоря к сердечнику магнитопровода, не менее 6,5%

Воздушный зазор между якорем и основным магнитопроводом в месте шарнира в притянутом положении 0,02—0,06 мм

То же в местах прилегания пакета к нижним торцам магнитопроводов, не более 0,05 мм

Величина отрывного усилия якоря по центру сердечника, не менее 10 кгс

Минимальный ток в катушках, при котором обеспечивается включение обоих реле, не более 42 А

Длительность включения двух последовательно соединенных катушек на напряжение 50 В без добавочного резистора¹ 30/39 с

Масса 26 кг

¹ В числителе приведены данные для электровазов ВЛ80^к, в знаменателе — ВЛ60^к.

Дифференциальное реле Д-4 имеет следующие характеристики:

Ток уставки при одном витке рамки магнитопровода и номинальном напряжении на катушке с добавочным резистором сопротивлением 300 Ом 100 А

Собственное время срабатывания при скорости нарастания тока свыше 10^5 А/с 0,0065 с

Номинальное напряжение включающей катушки и контактов 50 В

Ток контактов 5 А

Сопротивление катушки при 20° С $\frac{6,7-7,2}{6,7-7,5}$ Ом

Наибольшая длительность включения низковольтной катушки (без добавочного сопротивления) 6,0 с

Ток форсировки для восстановления реле, не более 4,4 А

Провал контактов 2—3 мм

Рабочий зазор по центру полюса при неприятии якоря 10—12 »

Масса 1,7 кг

¹ В числителе — данные для электровозов ВЛ10, в знаменателе — ВЛ8.

Реле обратного тока Р-15Е имеет следующие технические данные:

Номинальное рабочее напряжение 50 В

Напряжение включения 48 »

Обратный ток последовательной катушки, при котором размыкаются контакты 2,5 А

Длительный ток нагрузки 70 А

Раствор главных контактов 6—7 мм

Провал главных контактов 2,5—3 »

Нажатие главных контактов 10 кгс

Раствор вспомогательных контактов 4—5 мм

Провал вспомогательных контактов 6—7 »

Нажатие вспомогательных контактов 0—0,05 кгс

Масса¹ 7,5/17 кг

¹ В числителе — данные для электровозов ВЛ10, в знаменателе — для ВЛ8.

Таблица XI-49

Основные технические данные тепловых реле ТРТ

Тип реле	Номинальный ток, А	Ток для проверки, А	Время срабатывания, с	Масса, кг	Серия электровоза
ТРТ-121	9	54	3—15	0,55	ВЛ80 ^к , ВЛ60 ^к
ТРТ-136	45	270	4—15	0,55	ВЛ80 ^к
ТРТ-141	110	330	20—30	0,7	ВЛ80 ^к , ВЛ60 ^к
ТРТ-151	155	300	60—80	0,2	ВЛ80 ^к , ВЛ60 ^к
ТРТ-1 7	56	168	22—29	0,55	ВЛ60 ^к

Таблица XI-50

Основные технические данные реле оборотов

Тип реле	Частота вращения, об/мин		Количество контактов ¹	Контакты				Масса, кг	Серия электровоза
	при включении	при возвращении в исходное состояние		Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Провал, мм	Раствор, мм		
РО-1	1750	—	0/1	50	5	2—3	4	8,7	ВЛ8
РКО-28	1780	—	0/1	50	5	2—3	4	8,7	ВЛ10
РО-60	1350+40	1100	1/1	50	5	2—3	4	9	ВЛ60 ^к , ВЛ80 ^к

¹ В числителе — число замыкающих контактов, в знаменателе — размыкающих.

ХИ.31. РЕЛЕ ЭЛЕКТРОПЕЗДОВ

Назначение реле, область их применения и основные технические данные приведены в табл. ХИ-51—ХИ-55.

Таблица ХИ-51

Основные технические данные реле ускорения, боксования, обратного тока и дифференциального реле

Тип реле	Назначение	Уставка ¹ , А	Катушка						Контакты						Серия электровозов
			Длительный ток, А	Номинальное напряжение, В	Марка провода	Размер полюса, мм	Количество витков	Сопротивление при 20° С, Ом	Длительный ток, А	Номинальное напряжение, В	Количество ²	Провал, мм	Нажатие, кгс	Масса реле, кг	
Р-40.1	Реле ускорения	$\frac{215}{175-5}$	Сила тока 150 3 000 МГМ Подъемная 0,5 50 ПЭЛ	250 3 000 МГМ Подмагничивающая 0,109 110 ПЭЛ	2,6×25 Ø0,35	8 1 650	— 44,3 ^{+3,5} _{-2,2}	—	3	50	$\frac{0}{1}$	1,5÷2	0,15	2,6 224×142×156	ЭР2
Р-40.4	То же	$\frac{425-450}{365 \pm 10}$	Включающая 250 3 000 МГМ Подмагничивающая 0,109 110 ПЭЛ	250 3 000 МГМ Подмагничивающая 0,109 110 ПЭЛ	2,6×25 Ø0,2	6 5 900	— 44,3 ^{+3,5} _{-2,2}	—	1,5	110	$\frac{0}{1}$	1,5÷2	0,15	2,6 224×142×156	ЭР9П
Р-304Г	Реле боксования	$\frac{0,014 \div 0,016}{0,006 \div 0,007}$	Не более 3 000 ПЭЛ	Не более 3 000 ПЭЛ	Ø0,15	21 000	2570 ⁺²⁰⁶ ₋₁₂₈	2570 ⁺²⁰⁶ ₋₁₂₈	10	50	$\frac{2}{0}$	1÷1,5	0,15÷0,2	2,0 180×210×95	ЭР2
Р-304Г.1	То же	$\frac{0,025 \div 0,03}{0,012 \div 0,014}$	Не более 3 000 ПЭЛ	Не более 3 000 ПЭЛ	Ø0,15	21 000	2570 ⁺²⁰⁶ ₋₁₂₈	2570 ⁺²⁰⁶ ₋₁₂₈	10	110	$\frac{2}{0}$	1÷1,5	0,15÷0,2	2,0 180×210×95	ЭР9П
Р-105В-2	Реле обратного тока ²	$\frac{8-12}{(при\ токе\ подмагничивания\ 0,35 \pm 2A)}$	Параллельная 0,7 50 ПЭЛ Последовательная 70 50 МГМ	Параллельная 0,7 50 ПЭЛ Последовательная 70 50 МГМ	Ø0,44 2×10	1 000 13	9,7 ^{+0,77} _{-0,48}	—	3	50	1/0	2,5	0,07÷0,12	1,2 0 143×115×103	ЭР2
Р-104Б-3	Реле дифференциального ³	$\frac{40 \div 60 (при\ токе\ подмагничивания\ 0,55A)}{0,55A}$	0,68	50 ПЭЛ	Ø0,44	2 200	2×34 ^{+2,7} _{-1,7}	2×34 ^{+2,7} _{-1,7}	—	50	$\frac{1}{0}$	Не менее 3	0,2÷0,3	3,3 220×90×155	ЭР2

¹ В числителе приведено значение тока включения, в знаменателе — отпадания.

² Реле срабатывает при напряжении включения 49—50 В.

³ В числителе — число замыкающих контактов, в знаменателе — размыкающих.

Основные технические данные реле возврата, реле включения и промежуточных реле

Тип реле	Назначение реле	Уставка	Катушка				Контакты				Масса реле, кг	Габаритные размеры, мм	Серия электропоезда
			Длительный ток, А (мощность)	Номинальное напряжение, В	Диаметр провода, мм	Количество витков	Сопротивление при 20 °С, Ом	Длительный ток, А	Номинальное напряжение, В	Количество	Размер, мм	Провал, мм	Нажатие, ктс

Реле возврата и перегрузки

P-102.1 (P-102.2)	В цепи тяговых двигателей (отопление)	Не более 0,95А	Импульс	50	0,38	1 550	23,3 $\pm$ 1,85 —1,15	20	50	$\frac{10}{3} \left(\frac{2}{1} \right)$	$\frac{4 \pm 2}{\text{не менее 1}}$	1,5—2,5	0,2—0,3	1,25	175×145×80	ЭР2
P-102.11	В цепи вспомогательных машин	Не более 0,95А	Импульс	50	0,38	1 550	23,3 $\pm$ 1,85 —1,15	20	50	$\frac{0}{1}$	$\frac{4 \pm 2}{\text{не менее 1}}$	1,5—2,5	0,2—0,3	1,34	175×160×80	ЭР2
P-102.29	В цепи тяговых двигателей	Не более 0,42А	Импульс	110	0,25	3 610	125 $\pm$ 10 —6,25	20	110	$\frac{2}{1}$	$\frac{4 \pm 2}{\text{не менее 1}}$	1,5—2,5	0,2—0,3	1,34	175×145×80	ЭР9П

Реле промежуточные

P-102.6	В цепи зарядя аккумулятора и муляжной батареи	Не более 0,95А	Импульс	50	0,38	1 550	23,3 $\pm$ 1,85 —1,15	20	50	$\frac{1}{1}$	$\frac{4 \pm 2}{\text{не менее 1}}$	1,5—2,5	0,2—0,3	1,10	175×145×80	ЭР2
P-101.2	В цепи управления ВВ	Не более 0,95А	0,125	110	0,18	10 500	750 $\pm$ 60 —37,5	20	110	$\frac{2}{1}$	$\frac{4 \pm 2}{\text{не менее 1}}$	1,5—2,5	0,2—0,3	0,856	125×85×115	ЭР9П

P-101.11	Во вспомогательных цепях	Не более 0,18А	0,26	50	0,27	5 500	175 $\pm$ 14 —8,7	20	50	$\frac{2}{0}$	$\frac{4 \pm 2}{\text{—}}$	1,5—2,5	0,2—0,3	0,713	125×85×115	ЭР2
МКУ-48С	Реле промежуточное	Не более 0,019А	(3 Вт)	48	0,1	10 000	1900 $\pm$ 152 —95	5	48	$\frac{2}{2}$	—	—	—	0,6	113×129× ×54,5	ЭР2, ЭР9П
РП-23	Реле промежуточное	Не более 77В	(6 Вт)	110	0,11	15 200	2400 $\pm$ 192 —120	5	110	$\frac{4}{1}$	Не менее 2,5	0,7÷1	Не менее 0,015	0,7	136×115×66	ЭР9П
МКУ-48С	Реле промежуточное	93В	(3 Вт)	110	0,07	17 000	6000 $\pm$ 480 —300	5	110	$\frac{2}{2}$	—	—	—	0,6	113×129× ×54,5	ЭР9П
РП-23/48	Реле промежуточное	35В	(6 Вт)	48	0,19	9 000	480 $\pm$ 64 —24	5	50	$\frac{4}{1}$	Не менее 2,5	—	Не менее 0,015	0,7	136×115×66	ЭР2

Реле включения

P-101.9	Вспомогательного компрессора	0,18А	0,26	50	0,27	5 500	175 $\pm$ 14 —8,7	20	50	$\frac{2}{1}$	$\frac{4 \pm 2}{> 1}$	1,5÷2,5	0,2÷0,3	0,856	125×85×115	ЭР2
P-101.1	Включение освещения	Не более 0,095А	0,125	110	0,18	10 500	750 $\pm$ 60 —37,5	20	110	$\frac{3}{0}$	$\frac{4 \pm 2}{\geq 1}$	1,5÷2,5	0,2÷0,3	0,756	125×85× ×115	ЭР9П

Примечания. 1. Реле типа Р-101.3 (промежуточное вспомогательных цепей) и реле типа Р-101.4 (управление ВВ) имеют те же характеристики, что и реле Р-101.2, за исключением числа контактов. У реле Р-101.3 имеется один замыкающий и два размыкающих контакта, у реле Р-101.4 — два замыкающих контакта. Масса реле Р-101.3 равна 0,886 кг, реле Р-101.4 — 0,713 кг.

2. Реле типа Р-101.10 (включения блокировки лестницы) и Р-101.13 (включения маслоотделителя) имеют те же характеристики, что и реле Р-101.9, за исключением числа контактов. У реле Р-101.10 один замыкающий и два размыкающих контакта, у реле Р-101.13 — один замыкающий. Масса реле Р-101.10 равна 0,886 кг, реле Р-101.13 — 0,603 кг. Реле Р-101.10 применяется также в цепи опускания токоприемника.

3. В числителе приведено количество замыкающих контактов, в знаменателе — размыкающих.

Основные технические данные реле типов РУ-21, РЭВ, Р-3100, Р-306, Р-307

Тип реле	Назначение реле	Уставка	Катушка						Контакты				Масса реле, кг	Габаритные размеры, мм	Серия электропоезда		
			Длительный ток, А	Номинальное напряжение, В	Марка провода	Диаметр голого провода, мм	Количество вводов	Сопротивление при 20° С, Ом	Длительный ток, А	Номинальное напряжение, В	Количество**	Распор, мм				Провод**, мм, не менее	Нажатие**, кгс
РУ-21	Сигнальное	Не более 66В	(1,75 Вт)	110	ПЭЛ	0,07	32 000	7500 ⁺⁶⁰⁰ ₋₃₇₅	5	110	1 1	—	—	—	0,4	85×84×110	ЭР9П
РЭВ-261	Напряжения	110±3В	(190 ВА)	127	ПЭВ2	0,33	1550	51±1	10	110	1 1	3,5—4	5	0,07 0,1	2	95×210×145	ЭР9П
РЭВ-261	Напряжения	165±5В	(190 ВА)	220	ПЭВ2	0,25	2700	156±1	10	110	1 1	3,5—4	5	0,07 0,1	2	95×210×145	ЭР9П
РЭВ-202	Перегрузки (отопление)	85±5А	40	—	—	—	—	—	10	110	1 1	Не менее 3,5	Не менее 1,5	0,07 0,1	2	95×210×145	ЭР9П
РЭВ-202	Заземления	50±5А	40	—	—	—	—	—	10	110	1 1	Не менее 3,5	Не менее 1,5	0,07 0,1	2	95×210×145	ЭР9П
РЭВ-882	Реле времени компрессора	9 с	—	110	ПЭВ1	0,25	5800	416 ⁺³³ ₋₂₁	10	110	1 1	3,5—4	Не менее 1,5	0,07 0,1	6	230×230×95	ЭР9П
РЭВ-884	Реле времени расцепителя фаз	7с	—	110	ПЭВ1	0,25	5800	416 ⁺³³ ₋₂₁	10	110	2 2	3,5—4	Не менее 1,5	0,07 0,1	6	270×230×145	ЭР9П

Р-3100.3	Минимального напряжения	0,03 А 0,01 А	0,06	220	ПЭЛ	0,15	21 000	2570 ⁺²⁰⁶ ₋₁₂₈	20	220	1	3÷8	1,5—2,5 0,2÷0,3	0,1 0,2÷0,3	1,95	165×150×92	ЭР2
Р-306.8	Торможения	Не более 0,19А	0,26	50	ПЭЛ	0,31	5 850	162 ⁺¹³ ₋₈	20	50	2	10—14 5—7	2—4 0,16—0,22	0,16—0,22	2,0	227×144×106	ЭР2
Р-307А-1	Токовое вентильное	35±2А* 3÷4	35	50	ПБД	3,28	25	—	20	50	1	3—8	1,5—2,5 0,2—0,3	0,2—0,3	2,0	166×150×106	ЭР2
Р-306.8	Тормоза	Не более 0,19А	0,26	50	ПЭЛ	0,3	5 850	162 ⁺¹³ ₋₈	20	110	2	10—14 5—7	2—4 0,16—0,22	0,16—0,22	2,0	227×144×106	ЭР9П
Р-306.4 (Р-306.8)	Включение вентилятора, насоса трансформатора (реле батареи)	Не более 0,071	0,09	110	ПЭЛ	0,2	14 100	940 ⁺⁷⁵ ₋₄₇	20	110	3(1) 1(3)	—	2—4 0,16—0,22	0,16—0,22	2,0	227×144×106	ЭР9П
Р-3100.1	Управление электрического тормоза	0,16—0,19А	0,26	50	ПЭЛ	0,31	5 650	162 ⁺¹³ ₋₈	20	50	1	3—8	1,5—2,5 0,2—0,3	0,1 0,2—0,3	1,95	165×150×92	ЭР9П
Р-3100.7	Управление напряжения зарядки батареи	92±2В	0,09	110	ПЭЛ	0,2	14 100	940 ⁺⁷⁵ ₋₄₇	20	110	1	3—8	1,5—2,5 0,2—0,3	0,1 0,2—0,3	1,95	165×150×92	ЭР9П

* В числителе — ток включения, в знаменателе — отключения.

** В числителе — количество замыкающих, в знаменателе — размыкающих контактов.

*** В числителе — для верхних контактов, в знаменателе — для нижних.

* В числителе — начальное нажатие, в знаменателе — конечное.

Таблица XI-5

Основные технические данные реле перегрузки

Тип реле	Цель	Ток срабатывания, А	Катушка						Масса реле, кг	Габаритные размеры, мм	Серия электропоезда
			Длительный ток, А	Номинальное напряжение, В	Марка провода	Размер* голого провода, мм	Количество витков	Сопротивление при 20 °С, Ом			
P-103.4	Тяговых двигателей	265±5	150	3000	МГМ	14×3,05	4	—	1,20	210×106×110	ЭР2
P-103.3	Делителя напряжения	45±2*	8,5	3000	ПБД*2	2,1×2,1	24	0,01	1,25	210×106×90	ЭР2
P-103.3	Компрессора	35±2*	8,5	3000	ПБД*2	2,1×2,1	24	0,01	1,25	210×106×90	ЭР2
P-103.1	Отопления	30±0,5	15	3000	ПБД	2,1×2,1	80	0,128	1,10	210×106×90	ЭР2
P-103.5	Двигателей	600±20	250	3000	МГМ	4×15	3	—	1,2	210×110×83	ЭР9П

* В числителе — для секции I, в знаменателе — для секций I+II.
 *2 В числителе — для секции I, в знаменателе — для секции II.

Таблица XI-55

Основные технические данные тепловых реле, применяемых для защиты вспомогательных машин

Тип реле	Ток длительно-го, А	Ток срабатывания, А	Время срабатывания, с	Время возврата, с, не более	Ток для испытаний контактов, А	Масса реле, кг	Габаритные размеры, мм	Серия электропоезда
ТРВ-8.5	8	12÷15*	10÷15*	180	10	0,2	100×46×51	ЭР2
ТРТР-114	5	5,7	2*2	—	10*3	0,22	120×110×35	ЭР9П
ТРТР-115	7	9,35	2*2	—	10*3	0,22	120×110×35	ЭР9П
ТРТР-137	56	64	3*2	—	10*3	0,22	120×110×35	ЭР9П

* При температуре наружного воздуха t=20° С.
 *2 При токе, равном шестикратному току установки при включении с холодного состояния.
 *3 При переменном токе; при постоянном токе 110 В, 1 А.

XI-32. РЕЛЕ ТЕПЛОВЗОВ

На тепловозах применяются различные электромагнитные реле. Для управления электрическими цепями используются реле типа Р-45М различных модификаций на номинальное напряжение 75 В. Масса реле типа Р-45М-42—3,5 кг.

Реле имеют следующее количество контактов:

	Пальцевые контакты	Мостиковые контакты
P-45М-11	1 з., 1 р.	—
P-45М-13	2 р.	1 з., 1 р.
P-45М-20	2 з.	—
P-45М-22	1 з., 1 р.	1 з., 1 р.
P-45М-31	2 з.	1 з., 1 р.
P-45М-42	2 з.	2 з., 2 р.

Примечание: з — замыкающий контакт; р — размыкающий.

Реле типов Р-45Г2 и Р-45Г3 отличаются от реле типа Р-45М наличием механической защелки и предназначены для выключения нагрузки генератора при повреждении изоляции в силовой цепи тепловозов.

Для автоматического управления током возбуждения тяговых двигателей тепловозов применяется реле перехода типа Р-42Б (табл. XI-56).

Реле обратного тока типов Р-44А-1 и Р-44А-3 (настроечные характеристики приведены в табл. XI-57) служат для предотвращения разряда аккумуляторной батареи тепловоза при понижении напряжения вспомогательного генератора. Реле установлены соответственно на панелях ПР-26А-1 и ПР-26А-3.

Реле ограничения тока типов Р-47А-1 и Р-47А-2 (настроечные характеристики приведены в табл. XI-58) предназначены для защиты главного генератора тепловоза от перегрузки по току; установлены соответственно на панелях ПР-27А-1 и ПР-27А-2.

Таблица XI-56

Настроечные характеристики реле перехода

Положение контактов	Ток последовательной катушки, А	Ток параллельной катушки, А
Замыкаются	0/0	0,050—0,055/0,075—0,085
»	1/1	0,150—0,157/0,155—0,165
Размыкаются	0/0	0,010—0,015/0,022—0,032
»	1,3/1,3	0,023—0,026/0,052—0,065

Примечание. В числителе приведены данные реле Р-42Б-1, в знаменателе — реле Р-42Б-3.

Таблица XI-57

Настроечные характеристики реле Р-44А-1 и Р-44А-3

Положение контактов	Ток последовательной катушки, А	Ток параллельной катушки, А
Замыкаются	0	0,576
Размыкаются	Не более 8,5	Не менее 0,135
»	0	Не менее 0,075

Таблица XI-58

Настроечные характеристики реле ограничения тока

Положение контактов	Ток последовательной катушки, А	Ток параллельной катушки, А
Замыкаются	650—660	1,5/1,5
Размыкаются	980—1000	—
Среднее положение	690—700	0/0
Замыкаются	1040—1050	—
»	710—715	0/0
»	1080—1090	—

Примечание. В числителе приведены данные реле Р-47А-1, в знаменателе — Р-47А-2.

Таблица XI-59

Настроечные характеристики дифференциального реле

Положение контактов	Ток последовательной катушки, А	Ток параллельной катушки, А
Замыкаются	0	0,075—0,085
Размыкаются	0	0,022—0,032
Замыкаются	1	0,155—0,165
Размыкаются	1,3	0,052—0,065

Дифференциальное реле типа РД-3010 (данные настройки в табл. XI-59) служит для автоматического управления током возбуждения тяговых двигателей тепловоза в зависимости от их тока и напряжения.

Автоматическая защита тяговых двигателей тепловозов при боксовании обеспечивается реле боксования Р-46Б-1 и

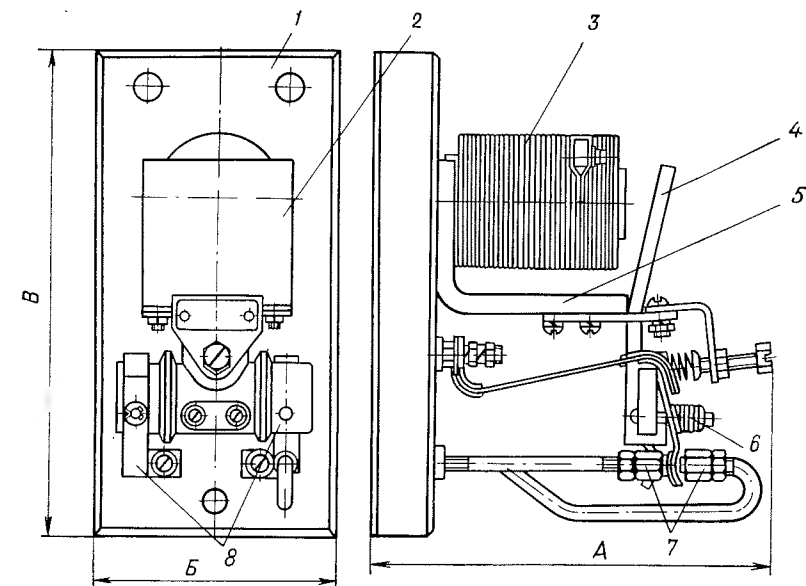


Рис. XI-123. Габаритный чертеж электромагнитных реле Р-45М и Р-45Г:
 1 — панель; 2 — магнитная система; 3 — катушка; 4 — якорь; 5 — ярмо; 6 — контактная пружина; 7 — блок-контакты; 8 — подвижные контакты

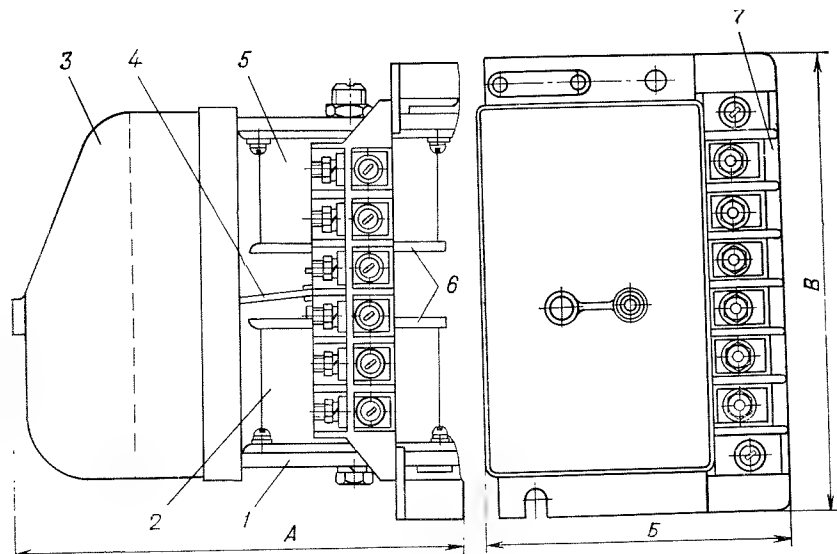


Рис. XI-124. Габаритный чертеж дифференциального реле РД-3010:
1 — ярмо; 2 — катушка параллельная; 3 — кожух; 4 — яркор; 5 — катушка последовательная; 6 — сердечник; 7 — панель клеммная

РК-111, которые соответственно установлены в блоках ББ-301 и ББ-303. Реле времени РЭВ-812 создает цепь для включения электропневматических контакторов. Основные данные рассмотренных реле приведены в табл. XI-60.

Полупроводниковое реле времени ВЛ-21 предназначено для обеспечения выдержек времени при включении и отключении электрических аппаратов в системах управления и защиты тепловоза; оно имеет длительный ток контактного устройства 6,3А, номинальное напряжение контактного устройства 110 В, номинальное напряжение катушки 75В, мощность при длительном режиме 30 Вт, выдержку времени 0,1—100 с, массу —

не более 5 кг, габаритные размеры — 150 × 115 × 215 мм.

Для снятия возбуждения генератора при экстренном торможении применяется реле давления воздуха типа АК-11Б, которое имеет длительный ток 20А, номинальное напряжение 220В, нажатие контактов 0,4 — 0,5 кгс, наименьший разрыв контактов 5 мм, наибольшее давление срабатывания 9 кгс/см², наименьшее давление срабатывания 3 кгс/см², массу 1,7 кг, габаритные размеры 244 × 142 × 112 мм.

Реле давления масла РДМ-20 и КР-4 служат на тепловозах для предотвращения работы дизеля при понижении давления в масляной системе.

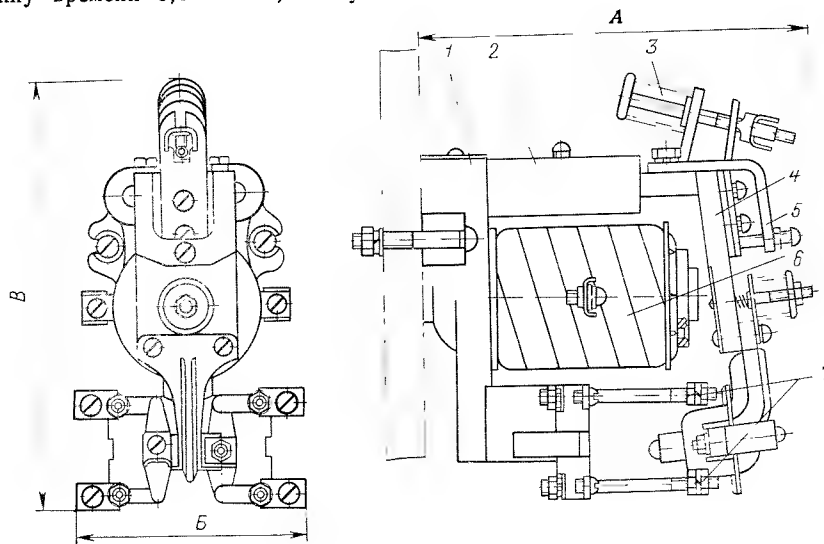


Рис. XI-125. Габаритный чертеж электромагнитного реле РЭВ-812:
1 — сердечник; 2 — демпфер; 3 — пружина; 4 — яркор; 5 — скоба; 6 — катушка; 7 — блок-контакты

Таблица XI-60

Основные технические данные электромагнитных реле

Тип реле	Уставка	Катушка			Контакты						Масса, кг	Габаритные размеры (рис. XI-123—XI-125), мм			Серия тепловоза
		Ток длит. А	Марка провода	Диаметр голого провода, мм	Количество витков	Сопротивление при 20° С, Ом	Ток длит. А	Количество контактов	Разрыв, мм	Провал, мм		Нажатие, кгс			
Р-45М	0,226А	—	ПЭТВ	0,29	6100	171	10*1 2	См. стр. 92	7,5—8*1 4—6	2,5—3,5*1 2—3	0,27—0,33*1 0,11—0,15	167	105	210	ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭ3, ТЭ7, ТЭ10, ТЭП10, ТЭП60, М62, ТЭП10Д, 2ТЭ10Л, 2ТЭ116, 2ТЭ10В
Р-45Г2-11 Р-45Г2-12	10А	—	ПБД	1,95	150	0,106	2*1 — 10*1 2	1з, 1р*1 — 2р*1 1з	7,5—8*1 — 7,5—8*1 4—6	2,5—3,5*1 — 2,5—3,5*1 2—3	0,27—0,33*1 — 0,27—0,33*1 0,11—0,15	167	105	210	ТЭМ2, ТЭ3, ТЭ7, ТЭП10Д, 2ТЭ10Л, М62, ТЭП60, ТЭ109, 2ТЭ116, 2ТЭ10В
Р-45Г3-11 Р-45Г3-12	0,19А	—	ПЭВ-2	0,29	7200	220	2*1 — 10*1 2	1з, 1р*1 — 2р*1 1з	7,5—8*1 — 7,5—8*1 4—6	2,5—3,5*1 — 2,5—3,5*1 2—3	0,27—0,33*1 — 0,27—0,33*1 0,11—0,15	167	105	210	ТЭМ1, ТЭ10, ТЭП10 ТЭ10, ТЭП10
Р-42Б-1 Р-12Б-3	См. табл. XI-56	0,19*2 3,5	ПЭВ-2	0,29*2 1,25	1200*2 640	552*2 1,56	2,0	2з	3,0—5,0 1,5—3,5	1,5—3,5	0,03	152	92	260	ТЭМ1, ТЭМ2 ТЭ10, ТЭП10
				0,51*2 13,5×1,81	2990*2 37,5	29,8*2 0,003									
Р-44А-1 Р-44А-3	См. табл. XI-57	0,65*2 70	ПЭВ-2 МГМ	0,51*2 15,6×2,83	2990*2 18,5	29,8*2 —	2,0	1з	1,5—2,0	1,5—2,0	0,04—0,05	205	60	240	ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1, ТЭМ2 ТЭ10, ТЭП10

Тип реле	Уставка	Катушка				Контакты					Масса, кг	Габаритные размеры (рис. XI-123—XI-125), мм			Серия тепловоза
		Марка провода	Диаметр голого провода, мм	Количество витков	Сопротивление при 20° С, Ом	Ток длит., А	Количество контактов	Раствор, мм	Провал, мм	Нажатие, кгс		А	Б	В	
Р-47А-1 Р-47А-2	См. табл. XI-58	ПБЛ*2 МГМ	1,95*2 8×19,5 1,95*2 12,5×20	48*2 1,25	0,04*2 —	—	13, 1р	0,6—0,8	—	—	8,5	195	170	312	ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ2
	См. табл. XI-59	ПЭВ*2	0,29*2 1,0	7000*2 550	260*2 1,67	3,0	13	—	1	0,04	4,0	110	112	170	ТЭМ2, ТЭ3, ТЭ7, М62, ТЭП10Л, ТЭП10Л, ТЭП60, ТЭП116, ТЭП10В
Р-3010	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Р-46Б-1	0,05А	ПЭВ-2	0,23	9400	526	—	13, 1р	1,6—2,0*3 1,0—1,5	—	—	2,6	160	70	220	ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1, ТЭ3, ТЭ7
РЭВ-812	2,6—2,75В	ПЭВ-2	0,80	1100	5,1	—	13, 1р	1,5	1,0	—	5,8	156	70	176	ТЭП10Л, ТЭП10Л, М62, ТЭП10, ТЭП60, ТЭП10В
	0,8—2,5с	ПЭЛ	0,19	6750	644	10	13, 1р	4,0*3 3,5	1,5	0,1—0,12	2,2	160	95	170	ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭП10Л, М62, ТЭП10Л, ТЭП109, ТЭП116, ТЭП60, ТЭП10В

* В числителе — для палевых контактов, в знаменателе — для мостиковых.
 ** В числителе — для параллельной катушки, в знаменателе — для последовательной.
 ** В числителе — для замыкающих контактов, в знаменателе — для размыкающих.

Основные технические данные реле РДМ: длительный ток не более 1,0А при напряжении не более 120В; разрыв контактов не менее 5 мм, провал не менее 1,25 мм, нажатие контактов не менее 0,03 кгс; масса реле 1,5 кг; габаритные размеры 163 × 72 × 135 мм.

Основные технические данные реле КР-4: погрешность ±2 кгс/см², дифференциал не более 0,25 кгс/см², масса реле 5,5 кг.

Комбинированное термореле воды и масла КР-2 содержит два чувствительных тепловых элемента. Один из элементов находится в водяной системе дизеля тепловоза и настроен на температуру срабатывания 95° С, второй контролирует температуру масла и настроен на 85° С. Основные технические данные КР-2: ток не более 2,5А, погрешность не более ±2° С, дифференциал не более 3° С; максимальная допустимая температура 110° С; масса 2,5 кг; габаритные размеры 225 × 124 × 85 мм.

ХИ-33. РЕГУЛЯТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ, ДАТЧИКИ-РЕЛЕ И ТЕРМОКОНТАКТОРЫ

Регуляторы напряжения СРН-7, СРН-2, СРН-8А-1 и СРН-8Б-3 предназначены для регулирования напряжения генератора управления и заряда аккумуляторной батареи. Они имеют однотипную конструкцию.

Регулятор напряжения СРН-8А-1 электропоезда ЭР2 имеет следующие технические данные:

Датчик имеет следующие технические данные:

Диапазон настройки контактной группы на срабатывание от 8 до 25° С
 Погрешность срабатывания контактной группы ±1° С
 Зона нечувствительности контактной группы от 0,5 до 1,5° С
 Погрешность показаний механического указателя температуры 1° С
 Разрывная мощность контактов 100 Вт
 Температура окружающего воздуха от —60 до +50° С
 Масса, не более 1,5 кг
 Габаритные размеры 230×90×60 мм

Термоконтаторы ТК-52а, предназначенные для регулирования температуры воздуха, поступающего через калорифер в пассажирский салон, имеют следующие технические данные:

Допустимая мощность при индуктивной нагрузке (ток не более 0,07 А), не более 2 Вт
 То же при омической нагрузке (ток не более 0,2 А), не более 2 »
 Допустимое отклонение от номинальной температуры контактирования в интервале 0—100° С ±2° С
 Износоустойчивость (число переключений) 50 000

Термодатчик А-14.000 с легкоплавким сплавом, предназначенный для отключения отопления вагонов электропоездов при не-

Контакты

Ток максимальный, А 7
 Напряжение максимальное при размыкании, В 30
 Мощность искрения максимальная, Вт 40
 Раствор, мм 0,5÷1

Катушки

	Последовательная	Неподвижная	Подвижная
Сопротивление при 20° С, Ом		2,3*8	0,96
Марка провода		ПЭВ	ПЭЛ
Сечение провода, мм	3,28×3,8	Ø 1	Ø 0,55
Число витков	12 ^{3/4}	825	145
Ток длительный, А	60	1,8	1,8
Ток равновесия, А	—	1,75	1,75
Уставка по напряжению, В, при температуре:			
+20° С			50,5±0,5
—5° С ÷ +20° С			52,5±0,5
ниже —5° С			54±0,5
Масса регулятора, кг			5,1
Габаритные размеры, мм			185×200×96

Датчик-реле ТЖ-В, применяемый на электропоездах и дизель-поездах, предназначен для регулирования температуры в пассажирских салонах и кабинах машиниста электропоездов.

допустимом повышении температуры в вентиляционных каналах в месте установки калориферов, имеет 1 пару контактов. Предел контролируемых температур — от 105 до 125° С.

XII. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛОКОМОТИВНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ, РАДИОСВЯЗЬ И СКОРОСТЕМЕРЫ

XII-1. СИСТЕМЫ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В комплекс устройств автоматики, предназначенных для улучшения условий наблюдения за сигналами, проверки бдительности машинистов, контроля за соблюдением установленных скоростей движения и для обеспечения автоматической остановки перед путевыми сигналами с запрещающими показаниями, входят:

автоматическая локомотивная сигнализация соответствующей системы, обеспечивающая передачу с пути на локомотив информации о показаниях путевых сигналов, к которым приближается поезд;

устройства для проверки по установленной МПС программе бдительности машиниста (активной реакции на соответствующие оптические или акустические сигналы);

устройства контроля скорости движения поезда;

устройства автостопа, осуществляющие экстренное торможение поезда;

скоростемер с контактами, введенными в цепь устройств контроля скорости и регистрирующими устройствами, автоматически записывающими на диаграммной ленте скорость и направление движения, давление в тормозной магистрали, пройденный путь, время, включение автостопа, показания локомотивного светофора и нажатия машинистом рукоятки бдительности.

Поездные локомотивы и электропоезда, работающие на участках, не имеющих автоблокировки и напольных устройств автоматической локомотивной сигнализации, оборудуются устройствами проверки бдительности машиниста, не связанными с показаниями путевых сигналов.

На железных дорогах СССР применяется автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС) двух основных систем: непрерывная четырехзначная (АЛСН) и точечная двухчастотная (АЛСТ).

При АЛСН индуктивная связь между локомотивными приемными устройствами (катушками) и напольными устройствами,

передающими показания путевых сигналов, осуществляется непрерывно при помощи рельсовых цепей, по которым передаются числовые или частотные кодовые сигналы (посылки), соответствующие показаниям напольных сигналов, к которым приближается поезд (рис. XII-1, табл. XII-1).

В четырехзначной системе АЛСН применяются числовые кодовые сигналы. Каждому показанию такого сигнала соответствует комбинация определенного числа импульсов переменного тока.

Смена на локомотивном светофоре одного сигнального показания АЛСН на другое при движении по кодированным путям происходит через 5—6 с после соответствующей смены поступающего на локомотив кодового сигнала. Если же локомотив, следующий по некодированному пути с белым огнем на локомотивном светофоре, входит на кодированный путь, то смена белого огня на разрешающее показание, соответствующее поступающему кодовому сигналу, происходит через 15 с. Дополнительная выдержка времени (10 с) предусмотрена для предупреждения сбоев белого огня из-за кратковременных помех при следовании по некодированным путям.

При АЛСТ для передачи на локомотив показаний сигналов, к которым приближается поезд, в определенных местах (точках), перед сигналами, устанавливают путевые индукторы, которые передают соответствующее индуктивное воздействие на локомотивные приемники (рис. XII-2, табл. XII-2). Для обеспечения надежной сигнализации в каждой точке устанавливают два индуктора (на расстоянии $10 \pm 0,5$ м между их поперечными осями): двухчастотный с контурами на 1000 и 1410 Гц и одночастотный (комбинированный), настроенный на 1000 или 1410 Гц.

При совмещенной непрерывноточечной системе АЛСНТ для передачи на локомотив показаний путевых сигналов используют рельсовые цепи и путевые индукторы, а на локомотиве устанавливают приемники соответствующих типов.

Устройства проверки бдительности, устанавливаемые на локомотивах, дополнительно к АЛСН обеспечивают:

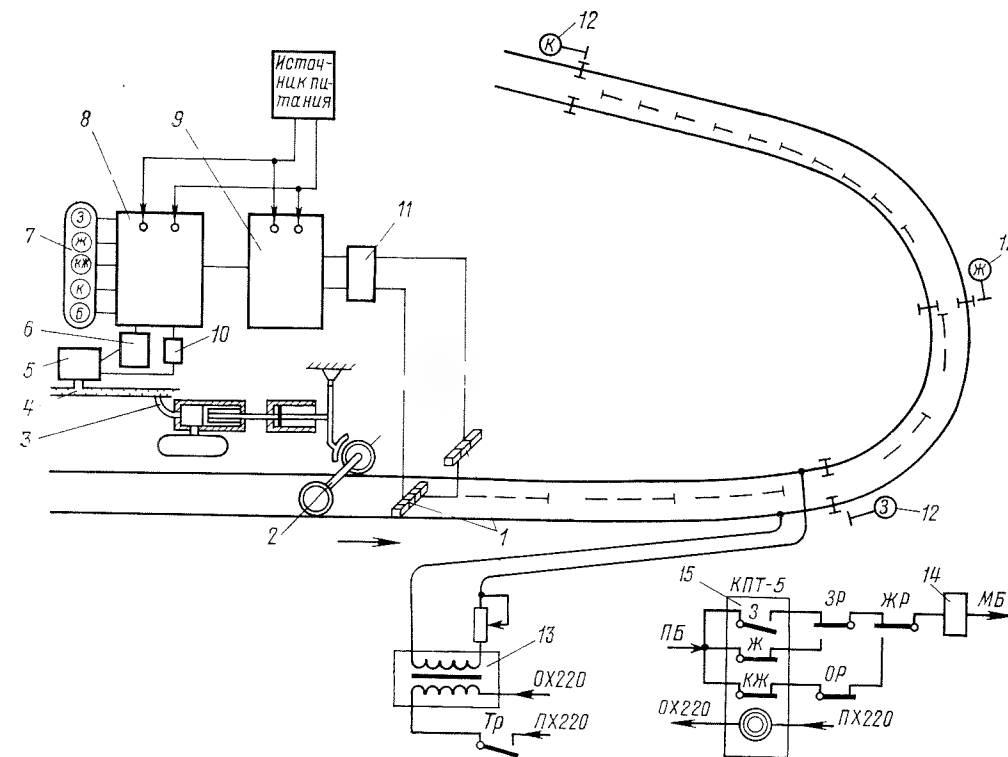


Рис. XII-1. Принципиальная схема передачи сигнальных показаний с пути на локомотив при автоматической локомотивной сигнализации непрерывной системы:

1 — приемные катушки; 2 — колесная пара; 3 — воздушный распределитель; 4 — тормозная магистраль; 5 — электропневматический клапан автостопа; 6 — регистрирующий скоростемер; 7 — локомотивный светофор (З — зеленый огонь; Ж — желтый, КЖ — желтый с красным, К — красный, Б — белый); 8 — дешифратор; 9 — усилитель; 10 — рукоятка бдительности; 11 — локомотивный фильтр, устанавливаемый при кодировании рельсовых цепей переменным током 25 и 75 Гц; 12 — путевые светофоры; 13 — кодовый трансформатор; 14 — трансмиттерное реле; 15 — трансмиттер

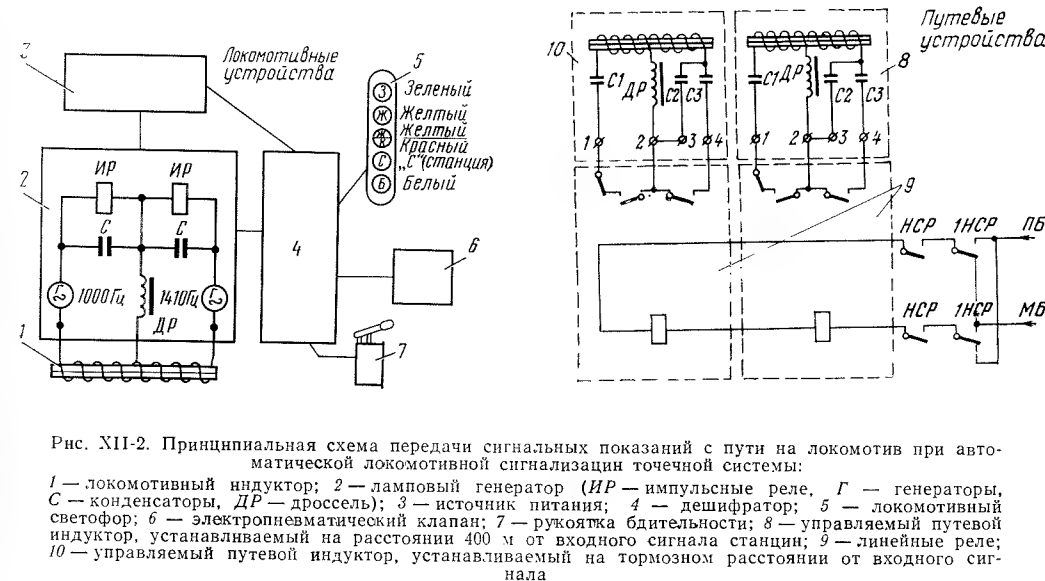


Рис. XII-2. Принципиальная схема передачи сигнальных показаний с пути на локомотив при автоматической локомотивной сигнализации точечной системы:

1 — локомотивный индуктор; 2 — ламповый генератор (ИР — импульсные реле, Г — генераторы, С — конденсаторы, ДР — дроссели); 3 — источник питания; 4 — дешифратор; 5 — локомотивный светофор; 6 — электропневматический клапан; 7 — рукоятка бдительности; 8 — управляемый путевой индуктор, устанавливаемый на расстоянии 400 м от входного сигнала станции; 9 — линейные реле; 10 — управляемый путевой индуктор, устанавливаемый на тормозном расстоянии от входного сигнала

Сигнальные показания локомотивного светофора при четырехзначной АЛСН, соответствующие им кодовые сигналы (посылки) в рельсовых цепях и показания путевых светофоров автоматической блокировки

Сигнальные огни на локомотивном светофоре	Тип трансмиттера	Кодовые посылки в рельсовых цепях						Показания путевого светофора, к которому приближается поезд		
		Кол-во стропов	Продол-ность сигнала, с	Длительность элементов кодовой посылки, с						
				1-й импульс	1-й интервал	2-й импульс	2-й интервал		3-й импульс	3-й интервал
Зеленый	КПТ-5 } КПТ-8 } КПТ-7 } КПТ-9 }	3	1,6	0,31— 0,33	0,14— 0,16	0,18— 0,20	0,14— 0,16	0,18— 0,20	0,58— 0,62	
		3	1,9	0,31— 0,33	0,14— 0,16	0,21— 0,23	0,14— 0,16	0,21— 0,23	0,82— 0,86	
Желтый	КПТ-5 } КПТ-8 } КПТ-7 } КПТ-9 }	2	1,6	0,34— 0,36	0,14— 0,16	0,34— 0,36	0,73— 0,77	—	—	
		2	1,9	0,31— 0,33	0,14— 0,16	0,58— 0,61	0,82— 0,86	—	—	
Желтый с красным	КПТ-5 } КПТ-8 } КПТ-7 } КПТ-9 }	1	1,6	0,19— 0,21	0,58— 0,62	—	—	—	—	
		1	1,9	0,26— 0,28	0,66— 0,70	—	—	—	—	
Красный	—	—	—	—	—	—	—	—	Красный огонь	
Белый огонь	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Красный огонь локомотивного светофора указывает, что поезд проследовал путевой светофор с красным огнем!
		—	—	—	—	—	—	—	—	Белый огонь локомотивного светофора показывает, что локомотивные устройства включены, но показания с пути на локомотивный светофор не передаются и машинист должен руководствоваться только показаниями путевых светофоров ²

¹ Красный огонь может появиться в случае приближения локомотива к путевому светофору с запрещающим показанием из за вынужденного появления на блок-участке (по которому следует поезд) препятствия для движения, которое разрывает или шунтирует рельсовую цепь (излом рельса, выход навстречу подвижного состава, застрявший на переезде транспорт и т. п.) или в случае неисправности путевых или локомотивных устройств.

² Белый огонь может появиться также при приближении локомотива к светофору с разрешающим показанием в случае вынужденного появления на блок-участке препятствия для движения или неисправностей, которые вызывают появление красного огня при приближении к путевому светофору с запрещающим показанием.

Таблица XII-2

Показания локомотивного светофора АЛСТ и путевых сигналов на участках с полуавтоматической блокировкой и электрожелезнодорожной системой

Сигнальные огни на локомотивном светофоре	Электрические контуры путевых индукторов, которые взаимодействуют с локомотивными контурами для передачи сигнального показания	Показания путевых сигналов	
		входного (проходного)	выходного
Зеленый	Первая сигнальная точка ¹ Индуктор I—1000 Гц » II—1000 и 1410 Гц Вторая сигнальная точка ² Индуктор I—1410 Гц » II—1000 и 1410 Гц	Сигнал открыт для приема поезда на главный путь станции (путевого поста) и подготовлен маршрут сквозного пропуска поезда (по главному пути)	При полуавтоматической блокировке—сигнал открыт, при электрожелезнодорожной системе жезл на право занятия следующего перегона из жезлового аппарата изъят для вручения машинисту
Желтый	Первая сигнальная точка Индуктор I—1000 Гц » II—1000 » Вторая сигнальная точка Индуктор I—1410 Гц » II—1000 »	Сигнал открыт для приема поезда на главный путь с остановкой или на боковой путь с готовностью остановиться в зависимости от показания входного сигнала	—
Желтый с красным	Первая сигнальная точка Индуктор I—1000 Гц » II—1410 » Вторая сигнальная точка Индуктор I—1410 Гц » II—1410 »	Сигнал, к которому приближается поезд, закрыт	—
Белый	—	Белый огонь локомотивного светофора указывает, что локомотивные устройства включены и готовы к приему показаний с пути	—
Буква С; зажигается дополнительно к сигнальному огню	Вторая сигнальная точка Индуктор I—1410 Гц » II—любое воздействие	Прозрачное очко с черной буквой «С» освещается одновременно с сигнальным огнем при проходе второй сигнальной точки, расположенной на расстоянии 400 м от входного сигнала, и указывает, что поезд подходит к станции	—

¹ Устанавливается перед сигналом на расстоянии тормозного пути, рассчитанного при полном служебном торможении и максимальной реализуемой скорости для данного места, но не менее 1200 м.

² Устанавливается на расстоянии 400 м от сигнала.

однократную проверку бдительности машиниста при каждой смене сигнальных показаний локомотивного светофора, за исключением смены на зеленый огонь; периодическую проверку бдительности через 15—20 с при следовании по желтому огню с красным, красному или белому огню локомотивного светофора со скоростью 10 км/ч и более, а также при движении по желтому огню на локомотивном светофоре со скоростью, устанавливаемой начальником дороги.

При следовании с белым огнем на локомотивном светофоре по участку без путевых устройств АЛСН машинист после прохождения выходного светофора до подхода к предупредительному может переключить на перегоне периодическую проверку с интервала времени 15—20 на 60—90 с. При подходе к предупредительному сигналу и следовании по станции переключение периодической проверки с интервала 60—90 с на 15—20 с производится в порядке, установленном МПС.

На электропоездах с АЛСН и регистрирующими скоростемерами проверка бдительности машиниста осуществляется по такой же программе, как и на локомотивах, за исключением периодической проверки при следовании по желтому огню на локомотивном светофоре, которая на этих поездах не производится.

Устройствами контроля скорости осуществляется: при движении на путевом светофоре с запрещающим показанием по желтому огню — контроль установленной скорости проследования светофора с одним желтым (немигающим) огнем (которая должна быть не выше 80 км/ч — для грузовых поездов и 120 км/ч — для пассажирских поездов); при красном огне на локомотивном светофоре — контроль скорости в пределах 20 км/ч.

Устройства автоматической остановки (автостоп) обеспечивают принудительное экстренное торможение поезда электропневматическим клапаном (ЭПК) по истечении установленной выдержки времени (6—8 с) с момента начала подачи этим клапаном предупредительного свистка в кабине управления, если машинист не нажмет на рукоятку бдительности или будет превышена контролируемая скорость.

При срабатывании ЭПК одновременно с началом выпуска сжатого воздуха из тормозной магистрали (через промежуточное реле) прекращается тяговый режим, включается подача песка и приводятся в действие электропневматические тормоза.

Для исключения возможности отправления и следования локомотива или моторвагонного поезда с выключенным автостопом ключ ЭПК снабжен блокировочными контактами, которые вводятся в цепи управления локомотива таким образом, что при выключенном клапане автостопа разрывается цепь управления.

Устройства автостопа при АЛСН могут быть дополнены контрольно-пневматическим реле или другими приборами для

контроля начала фактического торможения поезда машинистом. Эти приборы исключают абсолютное действие автостопа, если машинист, следуя по желтому огню с красным на локомотивном светофоре со скоростью выше контролируемой, осуществляет в установленном порядке служебное торможение с помощью крана машиниста.

Для контроля за включением устройств безопасности и соблюдением машинистом требований сигналов четыре писца с электромагнитными приводами записывают на ленте регистрирующего скоростемера показания локомотивного светофора (желтый, желтый с красным и красный огни), отмечают включенное положение электропневматического клапана автостопа и силу нажатия рукоятки бдительности (табл. XII-3).

По различным сочетаниям записей сигнальных показаний электромагнитами ЭЖ, ЭКЖ, ЭК и нажатий рукоятки бдительности электромагнитом ЭЭ имеется возможность расшифровать следование локомотива по каждому из пяти показаний локомотивного светофора.

XII-2. АППАРАТУРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ, УСТРОЙСТВ ПРОВЕРКИ БДИТЕЛЬНОСТИ И КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ

Приемные катушки АЛСН и локомотивные индукторы АЛСТ. Приемные катушки (рис. XII-3) осуществляют непрерывную индуктивную связь локомотивных устройств АЛСН с путевыми и обеспечивают при этом прием проходящих по рельсам кодовых сигналов переменного тока (см. рис. XII-1).

Приемные катушки АЛСН имеют следующие технические характеристики:

Количество витков обмотки	3200
Диаметр провода марки ПБД или ПЭЛБД	0,41—0,51 мм
Сечение сердечника	60×60 »
Толщина листов трансформаторной стали АЭ-42	0,35 мм
Электро-возная катушка	Тепло-возная катушка

Активное сопротивление переменному току частотой 50 Гц, Ом, не более	650	400
Индуктивность, мГ	7,1±0,35	6,0±0,25
Добротность, не менее	3,5	4,8
Масса с гарнитурой, кг	55	25

Сопротивление изоляции относительно земли и сердечника при напряжении 500 В:

Обмотки катушки, не менее	50,0 МОм
Всех токоведущих частей катушек, не менее	2,0 »

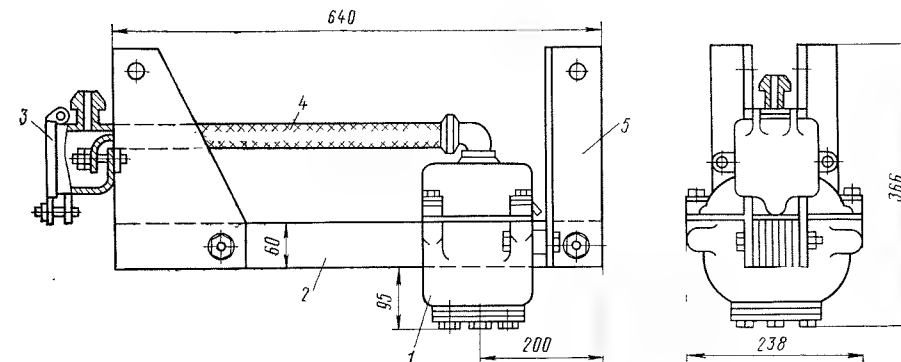


Рис. XII-3. Приемная катушка АЛСН с сердечником:

1 — обмотка катушки, залитая компаундной массой, в защитном силиконовом кожухе; 2 — сердечник; 3 — клеммная коробка; 4 — резиноканевый шланг, защищающий выводы обмотки, идущие к клеммной коробке

Эффективное напряжение, которое должна выдерживать в течение 1 мин изоляция обмотки относительно кожуха и сердечника

1500 В

Э. д. с., наводимая током в рельсах величиной 10 А и частотой 50 Гц, в каждой из катушек, подвешенных на высоте 150 мм над уровнем головки рельса, не менее

0,8 В

Высота нижней точки катушки над уровнем головки рельса

100—180 мм

Максимальное отклонение середины сердечника катушки относительно оси ходового рельса в кривых

200 »

Приемные катушки АЛСН монтируются на путеочистителе локомотива или крепятся с помощью специальной гарнитуры к тележке или раме кузова. Для каждого направления движения устанавливают две последовательно соединенные катушки, включенные встречно.

Локомотивные двухчастотные индукторы АЛСТ (рис. XII-4) принимают передаваемые с пути сигналы благодаря точечному взаимодействию с соответственно настроенными резонансными контурами путевых индукторов, устанавливаемых перед сигналами. Двухчастотный локомотивный индуктор АЛСТ имеет следующие технические характеристики:

Количество витков обмотки	450×2
Диаметр провода марки ПЭЛО	1,0 мм
Сечение сердечника	100×240 мм

Рис. XII-4. Локомотивный двухчастотный индуктор:
1 — сердечник; 2 — обмотки катушки; 3 — корпус силиконовый;
4 — клеммная коробка; 5 — крышка корпуса текстолитовая.
В плане разрез по АБВГЕЖЗКМН

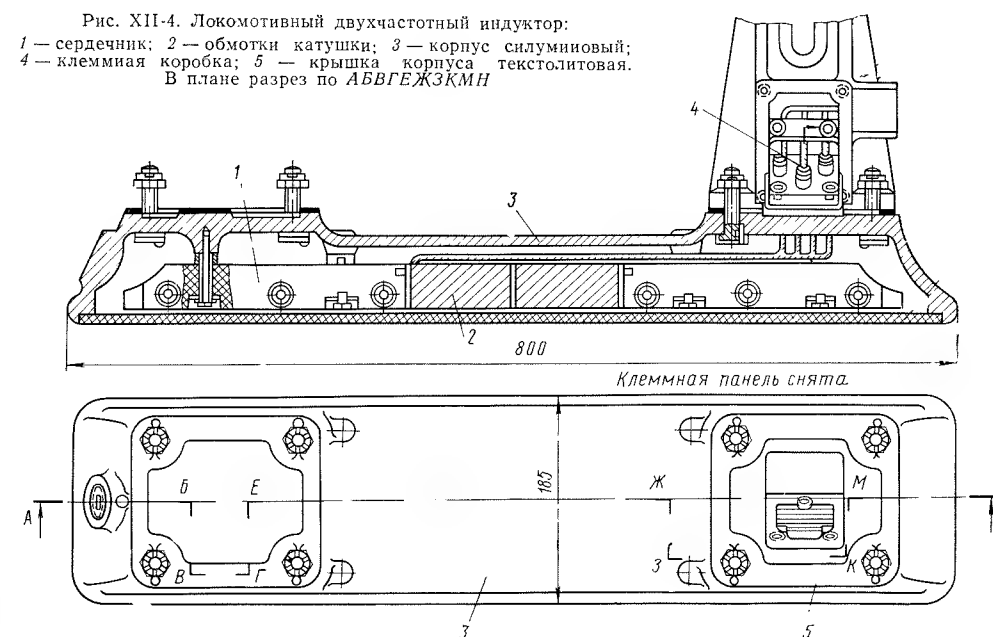


Таблица XII-3
Включение электромагнитных писцов
скоростемера в зависимости
от показаний локомотивного светофора

Показания локомотивного светофора	Включение писцов			Регистрация нажатия рукоятки бдительности писцом ЭЭ
	ЭЖ	ЭКЖ	ЭК	
Зеленый огонь	—	—	—	—
Желтый »	+	—	—	÷ или —
Желтый огонь с красным	—	+	—	+
Красный огонь	—	—	+	+
Белый »	—	—	—	+

Примечания. 1. Включенное положение писцов обозначено «+», а выключенное «—».

2. На ленте отмечаются нажатия рукоятки бдительности при следовании по желтому огню на локомотивном светофоре со скоростью, при которой на дороге осуществляется проверка бдительности машиниста.

Толщина листов трансформаторной стали сердечника АЗ-42 0,35 мм
 Активное сопротивление при переменном токе частотой 100 Гц 23—30 Ом
 Активное сопротивление при постоянном токе 5÷7 »
 Индуктивность $60 \pm 2\%$ мГ
 Добротность обмоток контуров при частоте 1000 Гц, не менее 13
 Сопротивление изоляции относительно корпуса и сердечника при напряжении 500 В, не менее:

обмотки индуктора всех токоведущих частей 100 МОм
 Высота нижней плоскости индуктора над уровнем головки рельса 2,0 »
 Расстояние по горизонтали от продольной оси индуктора до внутренней грани головки рельса 130—150 мм
 296±20 »

Локомотивные индукторы подвешивают к раме локомотива или к тележке при помощи регулирующих устройств и гарнитур. С правой стороны подвешивается ин-

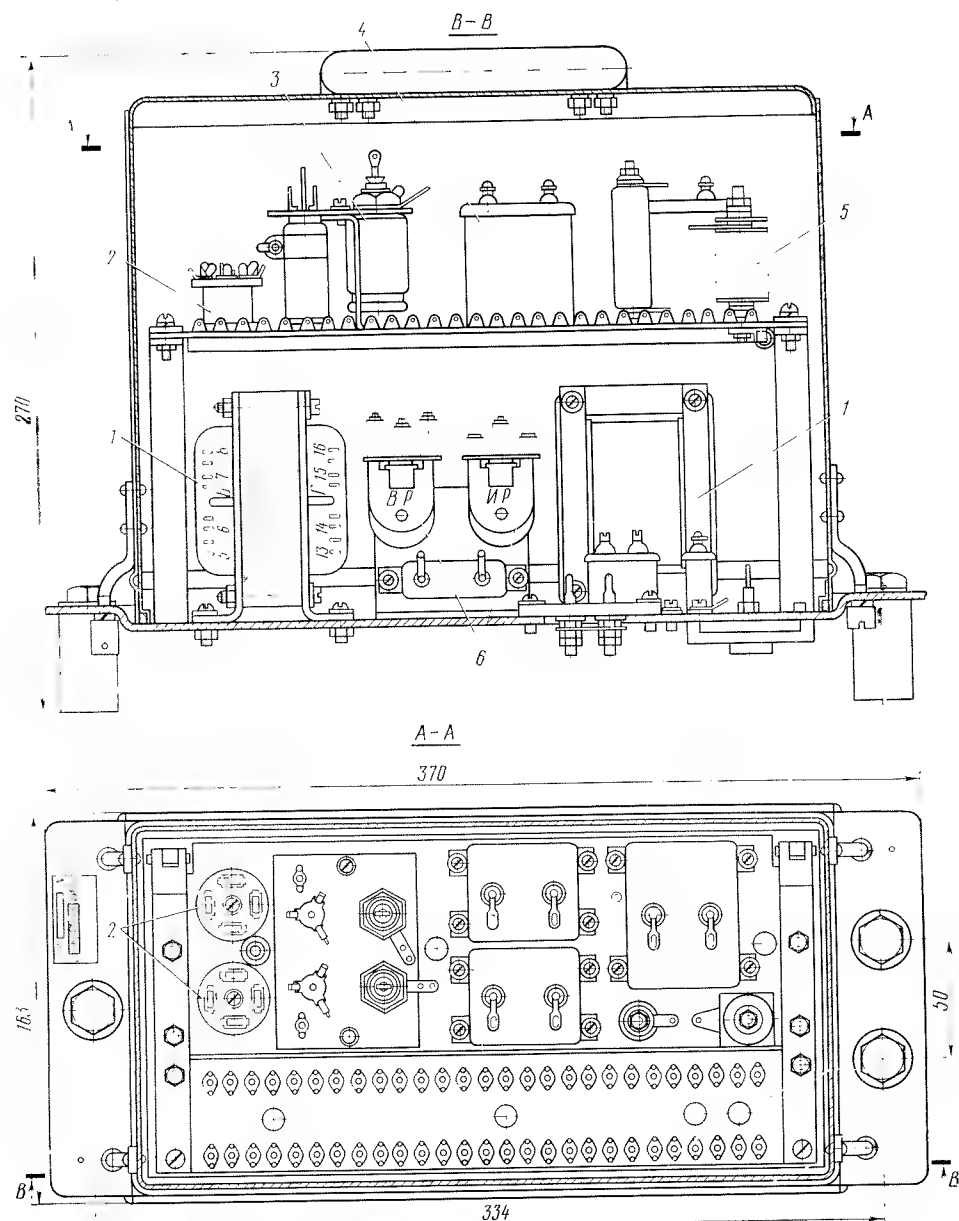


Рис. XII-5. Универсальный транзисторный усилитель УК-25/50:
 1 — трансформаторы; 2 — резисторы; 3, 4 — конденсаторы; 5 — селеновый выпрямитель; 6 — реле

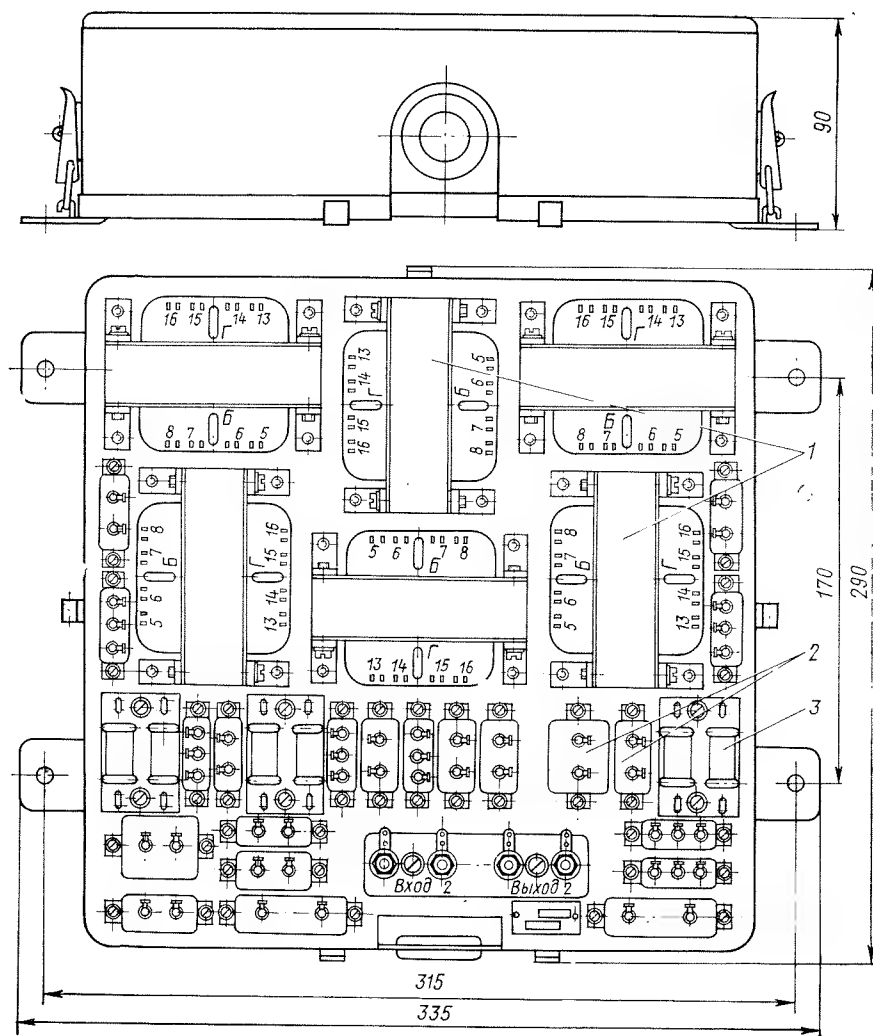


Рис. XII-6. Универсальный частотный двухполюсный фильтр ФЛ-25/75:
 1 — дроссель; 2 — конденсаторы; 3 — резисторы

дуктор для приема сигналов при движении передним ходом, а с левой — при движении задним ходом.

Усилители, фильтры и дешифраторы АЛСН. Усилители АЛСН обеспечивают усиление принятых приемными катушками электрических импульсов кодированного тока. На новых локомотивах и электропоездах устанавливают усилители УК-25/50 (рис. XII-5). На эксплуатируемых локомотивах и моторвагонном подвижном составе в зависимости от системы тяги и частоты тока кодирования рельсовых цепей на участках обращения могут быть ранее выпущенные транзисторные усилители УК-25/75 или УК-50, а также ламповые УК-3 или УК-3-ЭП.

На локомотивах, обращающихся на участках с электрической тягой переменного тягового тока, для защиты от мешающих воздействий тока и его гармонических составляющих между приемными катушками и усилителем дополнительно включают

фильтр ФЛ-25/75 (рис. XII-6, табл. XII-4 и XII-5). Он предназначен для работы при питании рельсовых цепей током частотой 25 и 75 Гц. При питании на участках обращения локомотива рельсовых цепей током частотой 75 Гц может применяться однополюсный фильтр ФЛ-1.

Таблица XII-4
 Характеристика фильтра ФЛ-25/75

Частота, Гц	Напряжеение, В	
	на приемных катушках, отключенных от фильтра	на выходе фильтра на нагрузке 3 кОм
25	0,25	0,100—0,115
50	6,9	Не более 0,010
75	0,6	0,075—0,085
100	0,8	Не более 0,010

Таблица XII-5
Основные технические данные
элементов фильтра ФЛ-25, 75

Дроссель	Контур	Резонансная частота, Гц	Основная обмотка дросселя		Емкость, мкФ	Добротность при резонансной частоте, не менее
			Число витков	Индуктивность, Гц		
ДР2	L2, C2	25	2550	5,1	8,0	6
ДР3	L3, C3	50	4130	14,2	0,72	8
ДР4	L4, C4	75	1150	1,0	4,2	12
ДР5	L5, C5	37,5	4130	14,2	3,25	8
ДР6	L6, C6	50	4130	14,2	0,72	8
ДР7	L7, C7	100	1280	1,27	2,0	12

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы АЛСН усилитель должен иметь соответствующую типу локомотива чувствительность (табл. XII-6), определяемую параметрами импульсного реле. Импульсное реле КДР (усовершенствованное) усилителя имеет следующие технические данные:

Количество витков	7950
Марка провода	ПЭЛ или ПЭВ1
Диаметр провода	0,2 мм
Сопротивление обмотки	280±10% Ом
Ток срабатывания, не более	12 мА
Ток отпускания, не менее	4 »
Мощность срабатывания, не более	40 мВт
Ток в обмотке импульсного реле:	
при напряжении питания 40 В и токе в рельсах на 25% больше тока полного притяжения:	
для частоты 25 Гц, не менее	12 мА
для частоты 50 и 75 Гц, не менее	15 »

при напряжении питания 60 В, температуре окружающего воздуха от -20 до +40° С и отсутствии переменного тока в рельсах, не более 0,6 мА

Сопротивление изоляции токоведущих частей фильтра относительно корпуса должно быть не менее 20 МОм при напряжении 500 В постоянного тока.

Дешифратор АЛСН (рис. XII-7 и XII-8, табл. XII-7) при помощи электромагнитных реле расширяет поступающий из усилителя кодированный ток. В зависимости от числа импульсов тока в цикле, непрерывности и последовательности их поступления или прекращения подачи кодов дешифратор управляет включением сигнальных огней на локомотивном светофоре (см. табл. XII-1) и совместно с контактным устройством скоростемера осуществляет по заданной программе проверку бдительности машиниста и контроль скорости. Для защиты от вибраций, механических повреждений и загрязнения дешифратор вместе с усилителем устанавливает на амортизационном устройстве в монтируемом на локомотиве или электропоезде общем ящике (рис. XII-9) или в специальном шкафу.

В дешифраторе имеется блок конденсаторов, предназначенный для периодической проверки бдительности через 60—90 с при следовании по участкам, не имеющим путей устройств АЛСН.

Блок конденсаторов имеет следующие технические данные:

Тип конденсатора	КЭГ
Общая емкость	1400 мкФ
Напряжение	50 В
Емкость конденсатора	200 мкФ
Количество конденсаторов в блоке	7

Ламповые генераторы и дешифраторы АЛСТ. Двухчастотный ламповый генератор (табл. XII-8) питает контуры двухчастотного локомотивного индуктора. Он состоит из двух одноламповых генераторных каскадов, один из которых гене-

Таблица XII-6

Чувствительность усилителей и ток в рельсовых цепях
для локомотивов различных типов

Тип локомотива	Частота тока в рельсовых цепях, Гц	Чувствительность импульсного реле		Ток в рельсовых цепях, А	
		Ток в рельсах, А	Напряжение на приемных катушках, В	обеспечивающий надежную работу усилителя, не более	минимально допустимый
Локомотивы и электропоезда всех типов	25	0,70—0,95	0,04—0,062	1,2	1,4
	75	0,95—1,15	0,16—0,22	1,2	1,4
Тепловозы и электропоезда всех типов	50	0,60—0,90	0,08—0,12	1,0	1,2
	50	1,30—1,60	0,17—0,21	1,8	2,0

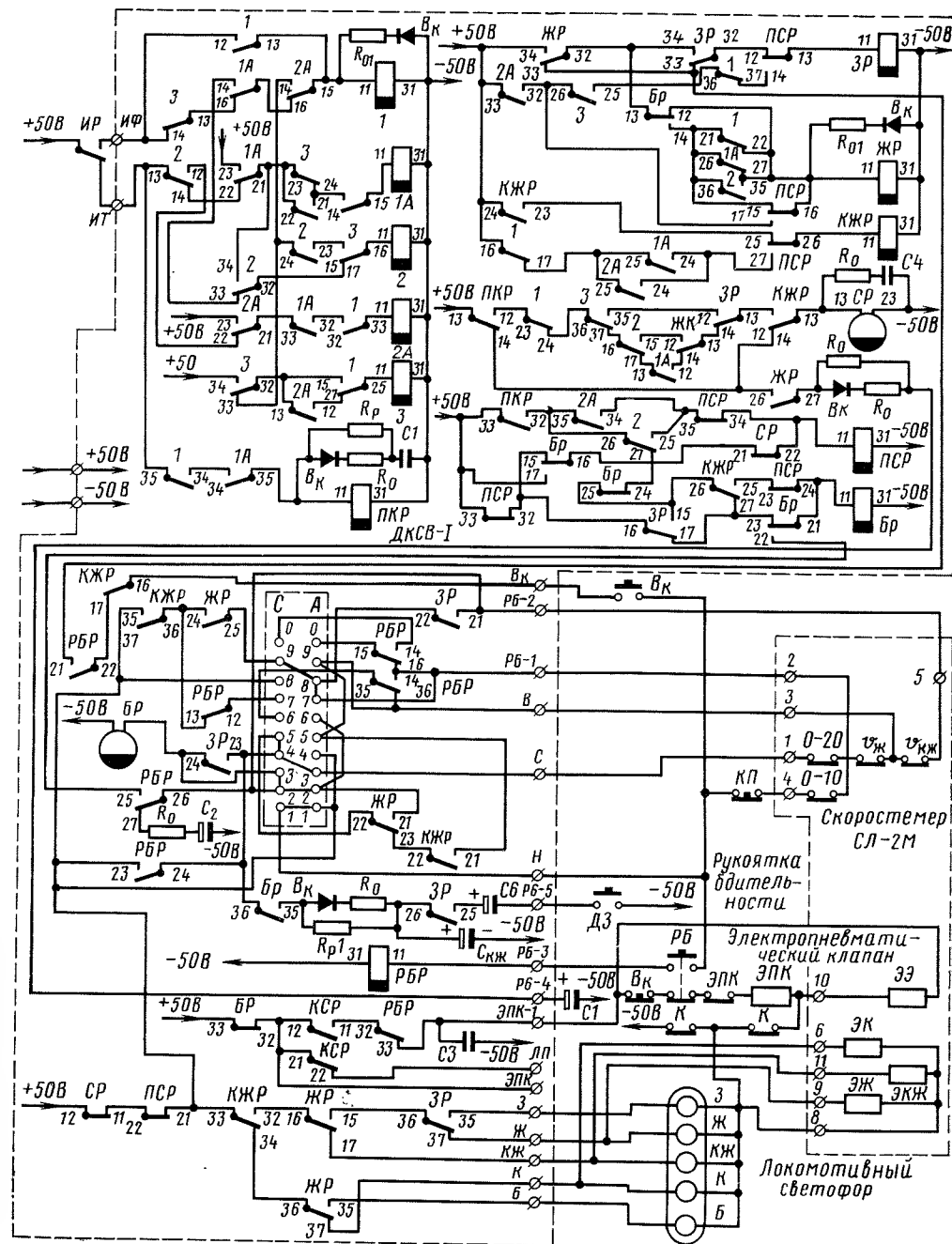


Рис. XII-7. Схема дешифратора АЛСН (тип ДКСВ-1)

рирует переменный ток частотой 1000 Гц, а второй — 1410 Гц.

Ламповый генератор имеет два импульсных приемных реле, каждое из которых срабатывает при воздействии с пути на соответствующий контур локомотивного индуктора. Дешифратор АЛСТ (см. табл. XII-8), так же как и дешифратор АЛСН, с помощью электромагнитных реле расширяет поступающие с пути (через ламповый генератор) сигнальные

воздействия, управляет включением соответствующих им огней на локомотивном светофоре и осуществляет по установленной программе размыкание и замыкание цепи электропневматического клапана автостопа. Дешифратор и генератор АЛСТ размещаются в общем ящике, который имеет конструкцию, аналогичную ящику АЛСН (см. рис. XII-9).

Локомотивные светофоры. На локомотивах и моторвагонном подвижном со-

ставе в кабине управления устанавливают пятизначный локомотивный светофор, имеющий следующие сигнальные огни и знаки: на локомотивах с АЛСН — зеленый, желтый, желтый с красным, красный и белый; на локомотивах с АЛСТ — зеленый, желтый, желтый с красным, белый и белый с буквой С.

В светофоре установлены лампы типа СЦ7 со следующими техническими данными:

Тип цоколя 2Ш-15 Диаметр колбы 33 мм
Напряжение 60 В
Мощность 4,5 Вт Общая длина 55 »

Рукоятки бдительности (рис. XII-10). Они служат для подтверждения машинистом его активной реакции на подаваемые по установленной программе акустические или оптические сигналы в кабине управления. Рукоятка бдительности имеет следующие технические данные:

Количество контактов:
размыкающих 1
замыкающих 1

Диаметр контактов 4 мм
Материал контактов (сплав) Ср Кд 86-14
Минимальное нажатие контактов 0,2 кгс

Минимальный зазор между замыкающими контактами и контактной пружиной 5 мм

Минимальный ход штока после касания контактной пружиной замыкающих контактов 2 »

Минимальное сопротивление изоляции всех токоведущих частей рукоятки при напряжении 500 В:

друг от друга 2 МОм
по отношению к корпусу 50 »

Электропневматические клапаны автостопа (рис. XII-11, XII-12). Они обеспечивают связь электрических цепей АЛС

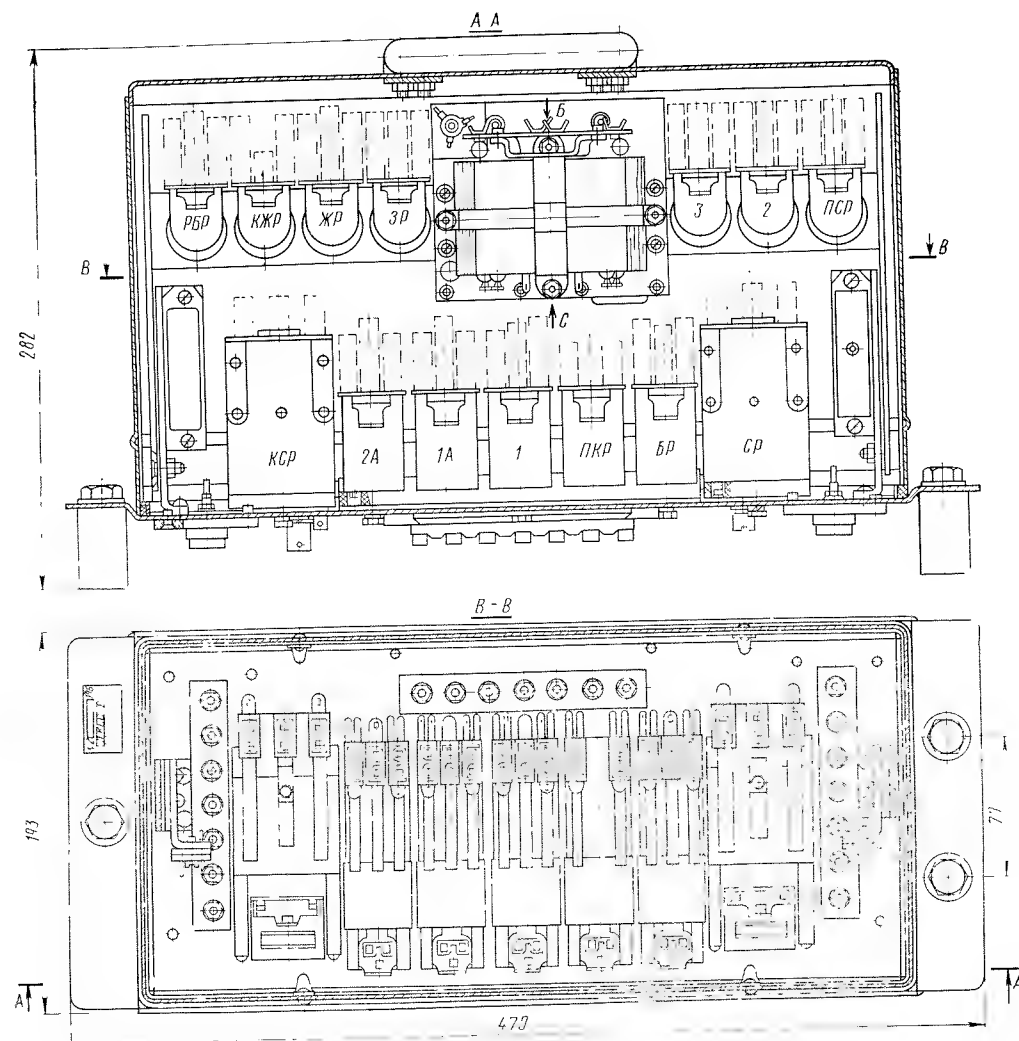


Рис. XII-8. Расположение приборов дешифратора АЛСН (тип ДКСВ-1)

Таблица XII-7

Назначение и основные характеристики реле дешифратора АЛСН (тип ДКСВ-1)

Наименование элементов и выполняемые ими функции	Обозначение в схеме рис. XII-7	Тип	Марка провода	Диаметр провода, мм	Число витков	Сопротивление, Ом, при 20° С	Замедление при напря- жении 50В, с		Напряжение, В	
							на отпускание	на срабаты- вание, не более	отпускания, не менее	срабатывания, не более
Счетчики импульсов (1, 2, 3) и интервалов (1А, 2А) расшифровывают поступающие из рельсовой цепи коды по числу импульсов тока в цикле	1	КДР5-М	ПЭЛ	0,16	6 500	420	0,25—0,28	0,07	3,0	24
	2	КДР1-М	ПЭЛ	0,16	11 400	650	0,03—0,05	0,06	7,0	26
	3	КДР1-М	ПЭЛ	0,20	7 950	280	0,03—0,05	0,05	5,0	24
	1А	КДР5-М	ПЭЛ	0,16	6 500	420	0,31—0,34	0,07	3,0	24
	2А	КДР5-М	ПЭЛ	0,16	6 500	420	0,29—0,32	0,07	3,0	24
Реле соответствия — осуществляют проверку соответствия показания локомотивного светофора показанию путевого светофора	СР	НСР	ПЭЛ	0,20	5 025	330	5,0—6,0	0,05	0,8	6
	ПСР	КДР1-М	ПЭЛ	0,16	11 400	650	0,03—0,05	0,07	6,0	28
Реле поступления кодов — проверяет совместно с реле-счетчиками поступление с пути цикловых сигналов	ПКР	КДР6-М	ПЭЛ	0,15	5 600	420	1,60—2,20	—	1,0	16
Сигнальные реле — управляют огнями локомотивного светофора	ЗР	КДР1-М	ПЭЛ	0,16	11 400	650	0,03—0,05	0,07	6,0	28
	ЖР	КДР1-М	ПЭЛ	0,16	11 400	650	0,07—0,10	0,07	6,0	28
	КЖР	КДР1-М	ПЭЛ	0,16	11 400	650	0,03—0,06	0,07	6,0	28
Реле проверки бдительности — связывают устройства АЛС с устройствами проверки бдительности машиниста и контроля скорости	БР	КДР5-М	ПЭЛ	0,16	8 400	620	0,05—0,15	0,07	3,5	28
	РБР	КДР1-М	ПЭЛ	0,20	7 950	280	0,03—0,05	0,07	4,0	17
	КСР	ПРС	ПЭВ-1	0,12	55 000	10 000	0,03—0,05	0,05	3,0	23
	КСР	ПРС	ПЭВ-1	0,12	55 000	10 000	1,5*	—	3,0	23
	КСР	ПРС	ПЭВ-1	0,12	55 000	10 000	15—20*2	—	3,0	23
КСР	ПРС	ПЭВ-1	0,12	55 000	10 000	60—90*3	—	3,0	23	

* С конденсатором емкостью 20 мкФ.
*2 С конденсатором емкостью 200 мкФ.
*3 С конденсатором емкостью 150 500 мкФ.

Основные технические данные реле дешифратора и лампового генератора АЛСТ

Реле		Сопротив- ление обмотки, Ом ±10%	Напряжение, В		Замедление при напряжении 50 В, с		
Назначение и обозначение	Тип		притяже- ния, не более	отпадания, не менее	на притя- жение, не более	на отпадание	
						не менее	не более
Импульсные и их повторители:							
ИР	РП4	9600	7,5	4,0	—	—	—
1ПИР	КДР1-М	650	30	6,5	0,06	0,25	0,035
2ПИР	КДР1-М	650	26	6,0	0,06	0,03	0,05
Сигнальные:							
ЖР	КДР1-М	435	24	5,5	0,05	—	0,04
КЖР	КДР1-М	435	19	5,0	0,04	—	0,04
Указательные:							
УР	КДР1-М	650	23	6,0	0,05	—	0,40
1	КДР5-М	475	24	2,5	0,07	0,15	0,20
2	КДР1-М	435	28	7,0	0,05	—	—
Автостопные:							
АР	КДР5-М	620	26	2,5	0,07	0,4	0,6
Проверки бдительности:							
БР	КДР-М	435	17	4,0	0,04	—	0,05
ВР	НРС	655	12	0,5	0,07	7,0	8,0
		205	—	—	—	3,0	3,5
МР	КДР1	280	10,5	2,0	—	—	—

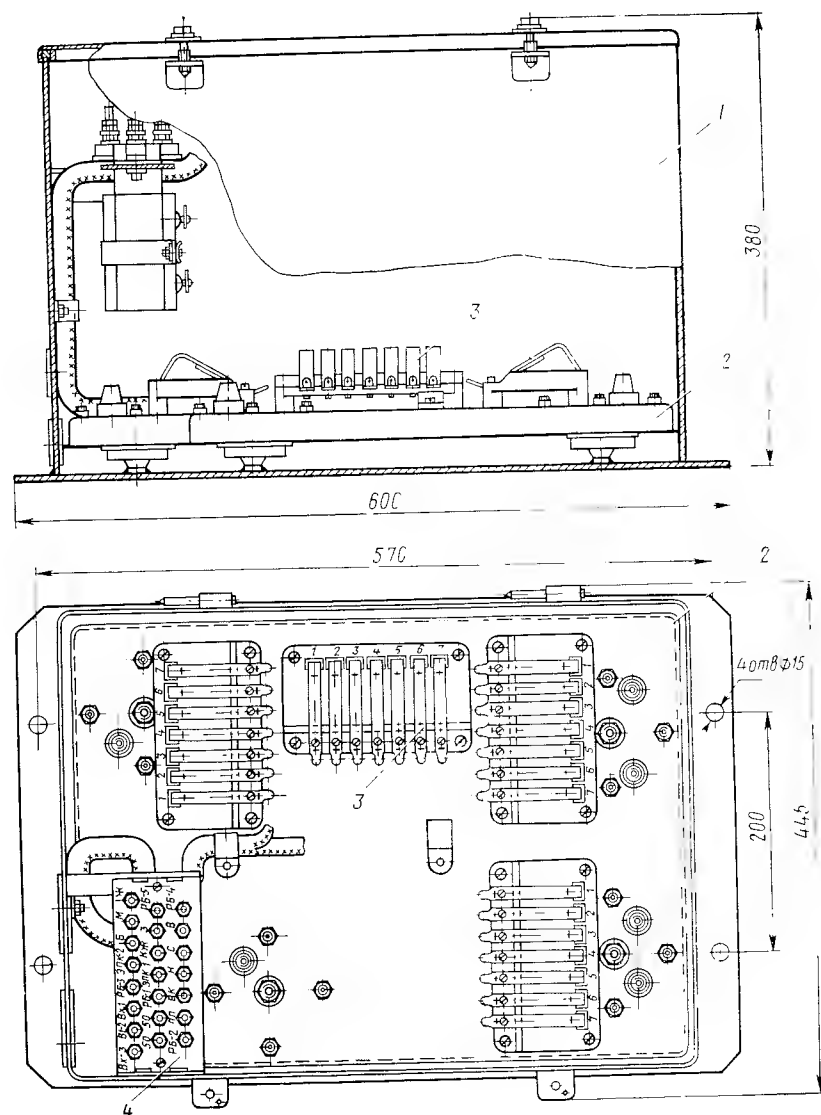


Рис. XII-9. Общий ящик АЛСТ:

1 — кожух; 2 — амортизационная плита; 3 — пружинные контакты; 4 — клеммная панель

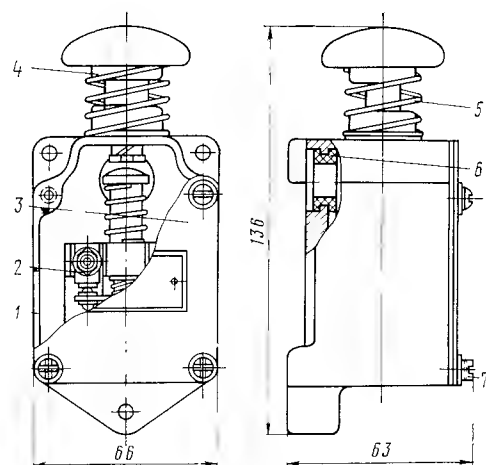
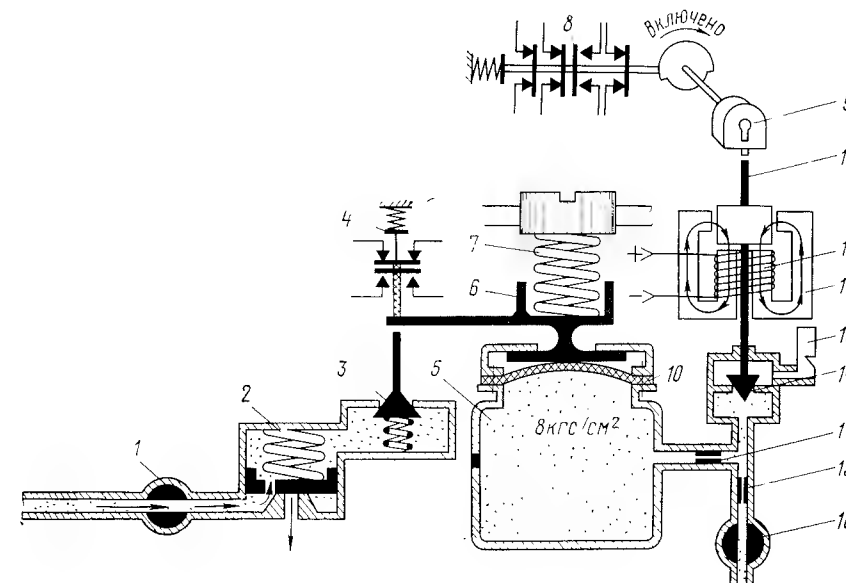
Рис. XII-10. Рукоятка бдительности РБ-62:
1 — корпус; 2 — контактная система; 3 — крышка корпуса; 4 — кнопка; 5 — пружина; 6 — втулка; 7 — винт пломбировочный

Рис. XII-11. Схема электропневматического клапана автостопа ЭПК-150:

1 — разобщительный кран тормозной магистрали; 2 — срывной клапан; 3 — возбуждающий клапан; 4 — концевой переключатель; 5 — камера выдержки времени; 6 — рычаг, управляющий возбуждающим клапаном и концевым переключателем; 7 — пружина; 8 — контактная система ключа; 9 — замок; 10 — шток электромагнитного вентиля; 11 — катушка; 12 — сердечник; 13 — свисток; 14 — клапан; 15, 17 — калиброванные отверстия; 16 — разобщительный кран напорной магистрали

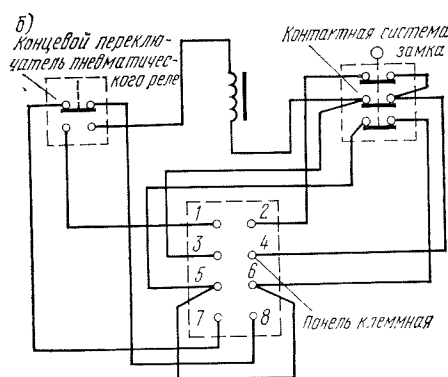
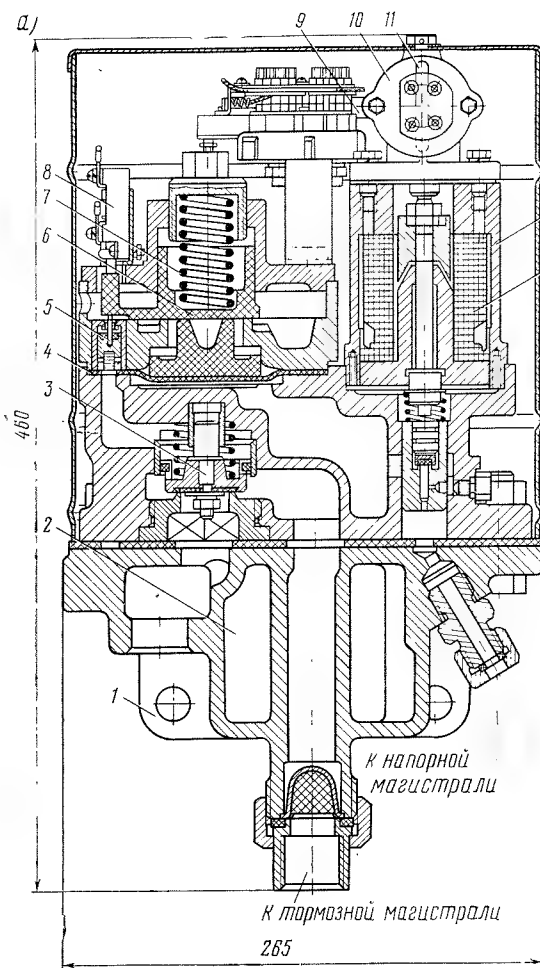


Рис. XII-12. Электропневматический клапан автостопа ЭПК-150:

1 — кронштейн несъемный; 2 — камера выдержки времени; 3 — срывной клапан; 4 — мембрана; 5 — возбудительный клапан; 6 — реле давления; 7 — пружина; 8 — концевой переключатель реле давления; 9 — контактная система замка; 10 — замок; 11 — ключ замка; 12 — электромагнитный вентиль; 13 — катушка; 14 — кожух

с системой пневматического и электропневматического торможения.

При обесточенном в рабочем положении электромагнитном вентиле тормозная магистраль сообщается с атмосферой и осуществляется экстренное торможение. Одновременно включается реле, осуществляющее размыкание цепи управления тяговыми двигателями, включение песочницы и электропневматического торможения.

Электропневматический клапан ЭПК-150 имеет следующие технические данные:

Электромагнитный вентиль постоянного тока

Напряжение:	
номинальное	50 В
полного закрытия клапана при холодной катушке	не более 30 В
отпадания якоря	не менее 8,0 В
Количество витков катушки	5 100±20
Диаметр провода марки ПЭЛ (ПЭВ-1)	0,35 мм
Сопротивление постоянному току при 20° С	145±10 Ом
Ход якоря	1,4—1,7 мм

Пневматическая часть

Давление первоначальное в напорной магистрали	8,0 кгс/см ²
Давление в тормозной магистрали	5,0 »
Давление в тормозной магистрали, при котором происходит ее разобщение от атмосферы (при нахождении ручки крана машиниста в III положении)	1,5 ^{+0,5} _{-0,2} »

Давление в резервуаре времени:	
при котором происходит разрядка тормозной магистрали срывным клапаном	1,5 ^{+0,5} _{-0,2} »
остаточное, при котором происходит замыкание нижних контактов реле	не более 0,6 »

Время наполнения резервуара времени от давления 1,5 до 7,0 кгс/см ²	10,0 с
--	--------

Время снижения давления в резервуаре времени с 8±0,2 до 1,5 ^{+0,5} _{-0,2} кгс/см ²	7,0 ^{+1,5} _{-0,5} с
---	---------------------------------------

Время понижения давления в тормозной магистрали с 5 до 2,5 кгс/см ² (при нахождении ручки крана машиниста во II положении)	3,0 с
---	-------

Переключатели направления. В двухкабинных локомотивах для переключения устройств АЛС с одной кабины управления на другую устанавливается переключатель направления (рис. XII-13), рассчитанный на длительный ток 10 А.

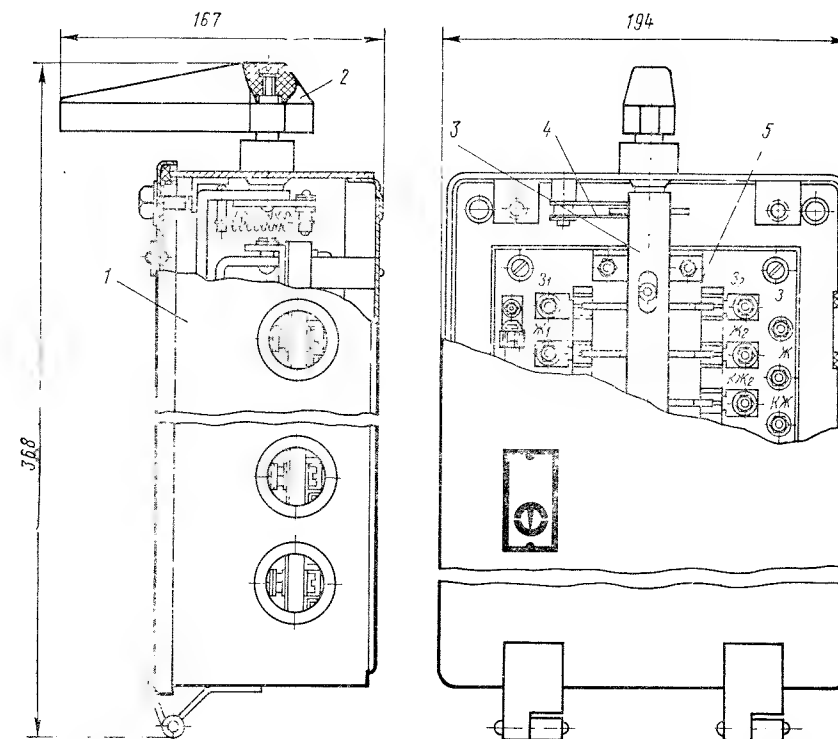


Рис. XII-13. Десятиполюсный переключатель направления:
1 — корпус; 2 — ручка; 3 — скоба; 4 — рычаг; 5 — контакты

Блок контроля бдительности БКБ (рис. XII-14) предназначен для периодической проверки бдительности машинистов на локомотивах, не имеющих устройств АЛС и обращающихся только на участках, не оборудованных такими устройствами.

Основные технические данные блока следующие:

Номинальное напряжение	75±5 В
Замедление отпадания реле контроля бдительности (РКБ)	45 65 с
Количество витков обмотки реле	55 000
Диаметр провода ПЭВ	0,12 мм
Сопротивление обмотки	10 кОм±10%
Общая емкость конденсаторного блока СЗ, собранного из пяти конденсаторов К50-3Б на напряжение 100 В	600 мкФ
Сопротивление резисторов:	
R _г типа ПЭ 15 Вт	75 Ом±5%
R _р » МЛТ-1	(10÷39 кОм)±±10%
R _о » МЛТ-1	(56÷100 кОм)±±10%
Тип диода	Д7Ж

Источники питания. Локомотивные устройства АЛС и контроля бдительности, как правило, снабжаются электроэнергией от источников питания цепей управления электровозов и тепловозов. Номинальное напряжение, подаваемое к устройствам АЛС на локомотивах и моторвагонном подвижном составе, в том числе от аккумуляторной батареи при выключенном генераторе (преобразователе), составляет 50 В. Отклонение напряжения от номинального допускается не более ±10%. Амплитуда пульсации не должна превышать 1% номинального значения постоянного тока. При ламповом усилителе общая мощность, потребляемая аппаратурой АЛСН, составляет 135 Вт, при транзисторном — 120 Вт; общая мощность, потребляемая аппаратурой АЛСТ, составляет 105 Вт.

Мощность, потребляемая отдельными аппаратами АЛС:

Дешифратор АЛСН	80 Вт
Усилитель ламповый	20 »
» транзисторный	5 »
Ламповый генератор и дешифратор АЛСТ	55 »
Локомотивные световые приборы с лампами СЦ-6 (СЦ-7):	
в устройствах АЛСН	15 (4,8) »
» » АЛСТ	30 (9,6) »
Электропневматический клапан автостопа	20 »

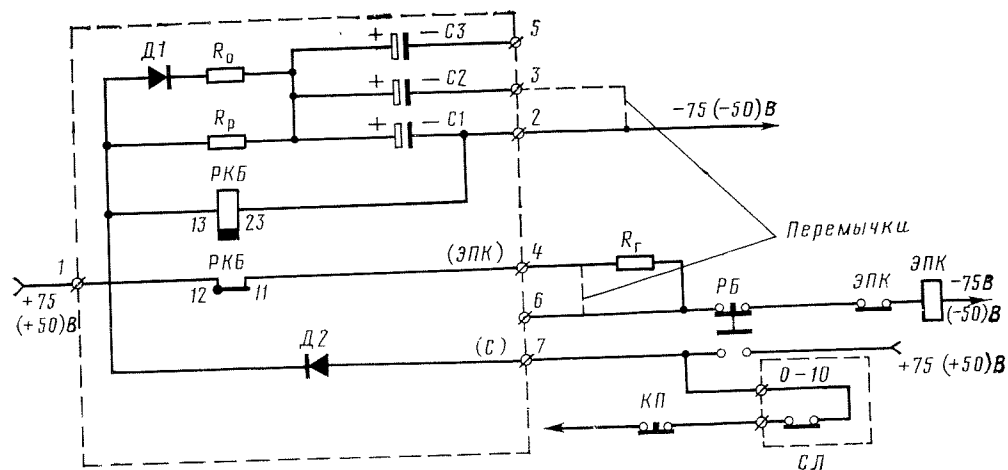


Рис. XII-14. Схема блока контроля бдительности:
РКБ — реле проверки бдительности; С — конденсаторы; R — резисторы; Д — диоды; ЭПК — электропневматический клапан; СЛ — скоростемер; РБ — рукоятка бдительности; КП — кнопка для проверки прибора на стоянке

XII-3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И МОНТАЖ УСТРОЙСТВ НА ЛОКОМОТИВЕ

Принципиальные электрические схемы. Построение схем электрических цепей АЛС (рис. XII-15—XII-17) определяются

предъявляемыми к ним требованиями, типом локомотива, условиями работы двухсекционных локомотивов, системой путевых устройств на участке обслуживания, частотой тока кодирования рельсовых цепей.

Таблица XII-9

Габаритные размеры аппаратуры АЛС и блока контроля бдительности

Аппаратура	Тип	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг
Приемные катушки АЛСН:					
электропневматическая (устанавливаемая на тележке)	ПП	740	240	370	55
тепловозная (устанавливаемая на путеочистителе)	ПТ	640	236	270	25
Локомотивный индуктор АЛСН	—	800	185	100	—
Двухполосный фильтр	ФЛ-25/75	352	336	110	16
Усилитель АЛСН	УК-25/50	370	163	270	10,2
Дешифратор АЛСН	ДКСВ-1	470	193	282	23
Общий ящик	—	600	445	380	34
Локомотивные светофоры пятизначные:					
односторонний	С-1-5	430	124	125	4,0
двусторонний	С-2-5	380	124	116	4,0
Рукоятка бдительности	РБ-62	136	66	63	0,46
Электропневматический клапан автостопа	ЭПК-150	265	160	460	36
Переключатель десятиполюсный ножевого типа	ПЭ-10	364	238	165	7,0
Блок контроля бдительности	БКБ	370	183	215	8,2

Размещение и монтаж аппаратуры. Локомотивная аппаратура (табл. XII-9 и XII-10), ее размещение и монтаж должны обеспечивать: соблюдение габарита подвижного состава, надежность работы устройств и их помехозащищенность от влияния, находящихся под током электрических машин, аппаратов и проводов, а также удобство пользования и обслуживания при осмотре и ремонте.

Взаимное размещение на локомотивах (оборудованных АЛСН и обслуживаемых двумя лицами) рукоятки бдительности и кнопки зажигания белого огня на локомотивном светофоре должно исключать возможность одновременного их нажатия одним лицом (либо машинистом, либо помощником машиниста). Должна быть исключена также возможность нажатия кнопки зажигания белого огня помощником машиниста в сидячем положении (помощник машиниста для нажатия кнопки должен встать).

Электропневматический клапан автостопа располагают со стороны машиниста, так чтобы машинисту было удобно пользоваться его ключом.

Основные требования к электропроводке. На электропневматическом подвижном составе электропроводку осуществляют проводом ПТВП или ПС на 1000 В в кондуктах и желобах, на тепловозах — в трубах (без электрического соединения с корпусом локомотива и без сращивания проводов внутри труб).

Сопrotивление изоляции всех соединенных проводов и токоведущих частей устройств локомотивной сигнализации и автостопа по отношению к корпусу локомотива должно составлять не менее 1 МОм.

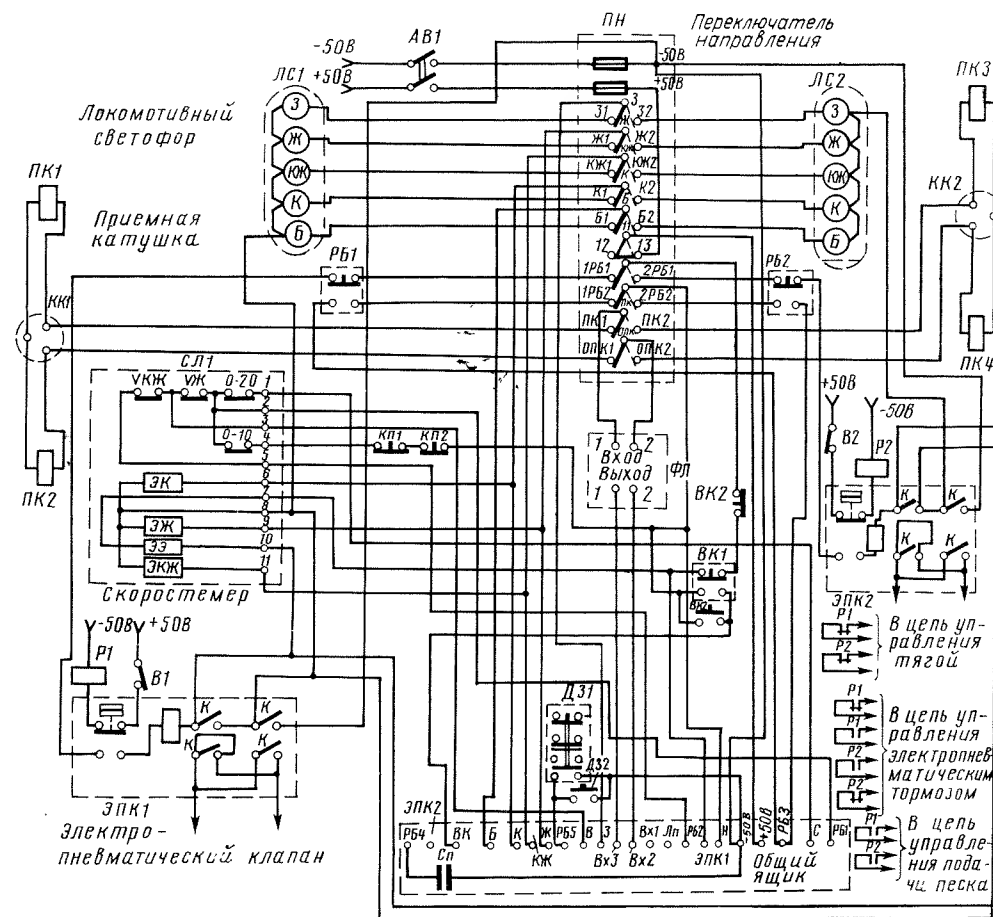


Рис. XII-15. Усовершенствованная схема АЛСН односекционного электропневматического подвижного состава с двумя кабинами управления или двухсекционного с постоянно сцепленными секциями.
При оборудовании по этой схеме электропневматического подвижного состава постоянного тока отсутствует фильтр ФЛ и провода от контактов ПК и ОК переключателя направления ПН к контактам 1 и 2 входа фильтра присоединены соответственно к контактам Вх3 и Вх2 общего ящика

Таблица XII-10

Аппаратура АЛСН с устройствами проверки бдительности и контроля скорости

Аппаратура	Условное обозначение по схеме	Количество в зависимости от типа локомотива				Головной вагон электропоезда
		Односекционный с двумя кабинами управления и двухсекционный с постоянно сцепленными секциями	Односекционный с одной кабиной управления	Двухсекционный, который может работать отдельными секциями только на передний ход	Двухсекционный, который может работать отдельными секциями на передний и задний ход	
Приемная катушка	ПК	4	4	4	8	2
Фильтр локомотивный	ФЛ	1	1	2	2	1
Усилитель	У	1	1	2	2	1
Дешифратор	Д	1	1	2	2	1
Общий ящик	ОЯ	1	1	2	2	1
Локомотивный светофор	ЛС	2	1 или 2	2	2	1
Электропневматический клапан	ЭПК	2	1	2	2	1
Скоростемер с контактно-регистрирующим устройством, включенным в цепь АЛСН	СЛ	1 или 2	1	2	2	1
Рукоятка бдительности	РБ	2	1 или 2	2	2	1
Переключатель направления	ПН	1	1	—	2	—
Кнопка для контроля работы устройств проверки бдительности	КП	1	1	2	2	1
Кнопка для зажигания белого огня	ВК	2	1	2	2	1
Переключатель режима проверки бдительности с 15—20 на 60—90 с	ДЗ	2	1	2	2	1
Реле, отключающее тягу при срабатывании ЭПК автостопа и включающее песочницу, а на пассажирских локомотивах, кроме того, включающее электропневматические тормоза	Р1, Р2	1	1	2	2	1
Выключатель для отключения реле Р1, Р2	В1, В2	1 или 2	1	2	2	1
Выключатель реле ВР усилителя	ВЗ	1	1	2	2	1
Выключатель питания АЛСН (автоматический)	АВ	1	1	2	2	1
Переключатель с вольтметром (применяется на электропоездах)	ПВ	—	—	—	—	1
Трехклеммовая коробка	КК	2	2	2	4	1

Технические данные радиостанции:

Число каналов	2	Неравномерность частотной характеристики приемника в диапазоне 300—3080 Гц, не более	6 дБ
Чувствительность приемника	110 мкВ	Полоса пропускания приемника при ослаблении в 2 раза	8 кГц
Ослабление чувствительности при настройке на 10 кГц, не более	54 дБ	Выходная мощность передатчика	не менее 8 Вт
Ослабление чувствительности на частоте зеркального канала, более	52 »	Максимальная девиация частоты	1,5 кГц
Выходная мощность приемника	2,5 Вт	Частоты вызывных сигналов	700, 1000, 1400 и 2000 Гц
Коэффициент нелинейных искажений, менее	9%		

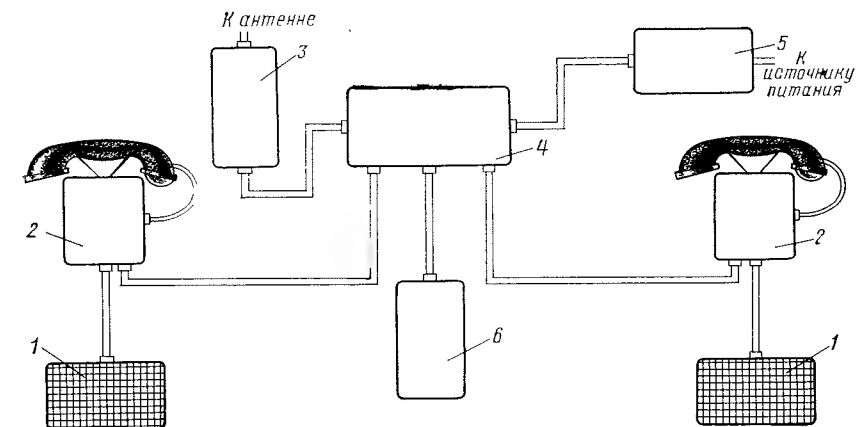


Рис. XII-18. Радиостанция ЖР-3:

1 — громкоговоритель; 2 — пульт управления; 3 — антеннопоглощающее согласующее устройство; 4 — приемопередатчик; 5 — преобразователь; 6 — выносное переговорное устройство

Потребляемая мощность радиостанций ЖР-3М в режимах:

дежурного приема	100 Вт
приема сигнала	110 »
передачи	140 »
Интервал рабочих температур	±50° С

Приемопередатчик и блок низкой частоты находятся в общем ящике на амортизационной раме. Общий ящик и блок питания устанавливаются в вертикальном положении в кабине или в машинном отделении по утвержденным чертежам в зависимости от серии локомотива или электропоезда.

Радиостанция ЖР-5М может работать от сети постоянного тока напряжением 22, 50 и 75 В соответственно через преобразователи ПО-300 А, ПО-300 Б или ПО-300 В (рис. XII-20). Радиостанция обеспечивает устойчивую, бесперебойную и

бесподстроечную связь между радиостанциями одной серии. При стационарной антенне, расположенной на высоте 20—25 км, между стационарной и локомотивной радиостанциями устанавливается дальность уверенной связи около 15 км. Радиостанция рассчитана на работу в симплексном режиме, имеет частотную модуляцию и работает на жесткофиксированных (кварцованных) частотах в диапазоне от 150,25 до 155 мГц. Разнос частот между соседними каналами составляет 250 кГц. Номинальная выходная мощность приемника на локомотивных радиостанциях равна 2,5 Вт.

Радиостанция надежно работает при температуре от -40 до +40° С, в условиях относительной влажности воздуха 95% при температуре 20° С и при колебаниях питающего напряжения в пределах ±10% от номинального значения.

Ослабление чувствительности приемника на зеркальных каналах по 1-й и 2-й промежуточным частотам не менее 1000 раз.

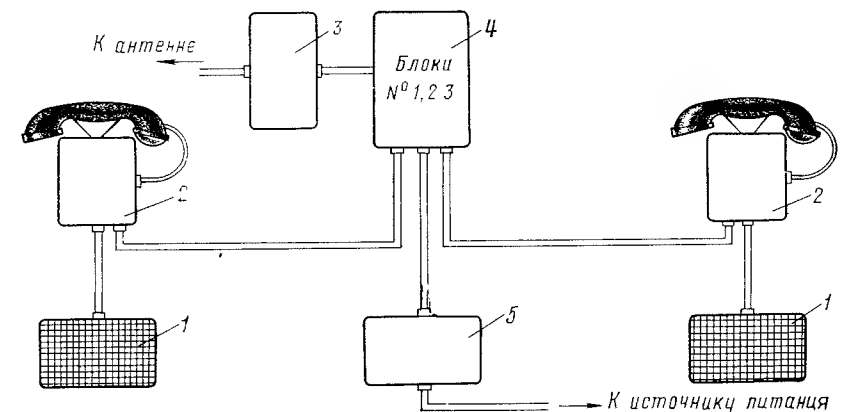


Рис. XII-19. Радиостанция ЖР-3М:

1 — громкоговоритель; 2 — пульт управления; 3 — согласующее устройство; 4 — приемопередатчик; 5 — блок питания

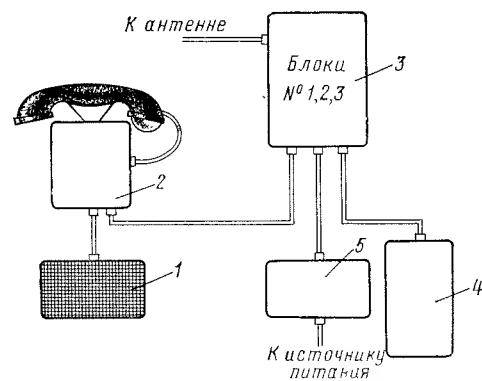


Рис. XII-20. Радиостанция ЖР-5М: 1 — громкоговоритель; 2 — пульт управления; 3 — приемопередатчик; 4 — выносное переговорное устройство; 5 — блок питания

Ослабление чувствительности приемника на всех побочных частотах более 500 раз. Неравномерность частотной характеристики приемника, нагруженного на громкоговоритель, в диапазоне частот 300—3000 Гц составляет не более двух.

Уровень фона переменного напряжения на выходе приемника не превышает 1% номинальной величины выходного напряжения. Выходная мощность передатчика 6 Вт. Девиация частоты передатчика — не менее 10 кГц при частоте модуляции 600 Гц и э. д. с. на микрофонном входе 0,075В. Уровень фона приемопередающего тракта не превышает 3%. Коэффициент

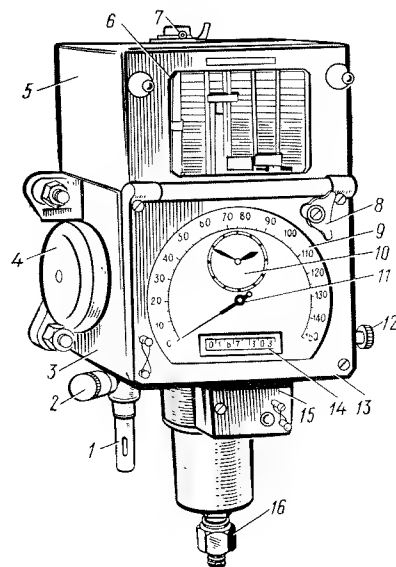


Рис. XII-21. Локомотивный скоростемер СЛ-2: 1 — приводной вал; 2 — масленки; 3 — корпус; 4 — звонок максимальной скорости; 5 — крышка; 6 — регистрирующий механизм; 7 — замок; 8 — ключ для завода часов; 9 — циферблат; 10, 11 — стрелки часов и указателя скорости; 12 — ключ для сброса рейсовой группы счетчика; 13 — передняя стрелка счетчика; 14 — счетчик километров; 15 — индикатор тормозного давления; 16 — гайка

нелинейных искажений приемопередающего тракта при частоте модуляции 600 Гц и величине девиации частоты 10 кГц не превышает 16%.

XII-5. СКОРОСТЕМЕРЫ

На всех локомотивах, электропоездах и дизель-поездах имеются механические скоростемеры СЛ-2 или СЛ-2М, которые измеряют и показывают скорость движения локомотива, время суток в часах и минутах, количество километров (пробег) локомотива за рейс и суммарный до 1 млн. км. Одновременно на диаграммной ленте записываются: пробег в километрах, длительность пробега локомотива, остановки продолжительностью до 24 ч, направление движения локомотива (передний или задний ход), режим ведения и торможения поезда. Кроме того, фиксируется положение автоматической локомотивной сигнализации с автоостопом (АЛСН) — включенное или выключенное — и показание сигнальных огней локомотивного светофора — желтого, красно-желтого, красного. При расшифровке лент по записи легко определить (при наличии четырех электромагнитов) показания зеленого и белого огней локомотивного светофора.

Скоростемеры СЛ-2 и СЛ-2М измеряют и записывают на ленте скорость движения локомотива от 5 до 150 км/ч, часть скоростемеров СЛ-2М от 5 до 220 км/ч.

Скоростемер СЛ-2. Этот скоростемер (рис. XII-21) состоит из отдельных механизмов и узлов, которые выполняют самостоятельные функции. К основным узлам, размещенным в чугунном корпусе, относятся: приводной вал с реверсивными устройствами, измеритель скорости, счетчик километров, регистратор направления движения, часовой механизм, регистрирующий механизм, индикатор тормозного давления и звонок максимальной скорости (на отдельных скоростемерах). На крышке корпуса и его передней стенке имеются стекла, через которые можно видеть диаграммную ленту, лентопротяжный механизм и колонки с писцами для записи на ленте основных параметров, а также циферблаты указателя скорости и часов, стрелка и счетчик километров.

Левый нижний винт крепления передней стенки на головке имеет отверстие для навешивания пломбы. В правом верхнем углу передней стенки находится заводной ключ часов, которым также осуществляется перевод стрелок часов. Для этого необходимо потянуть ключ на себя и вращать его по часовой стрелке. С правой стороны на боковой стенке корпуса имеется ключ, который служит для сброса рейсовой группы счетчика. Под корпусом прикреплен индикатор тормозного давления.

Максимальное показание скорости СЛ-2 150 км/ч соответствует частоте вращения 75 об/мин приводного вала.

Модернизированный скоростемер СЛ-2М. Его используют для периодической проверки бдительности машинистов и контро-

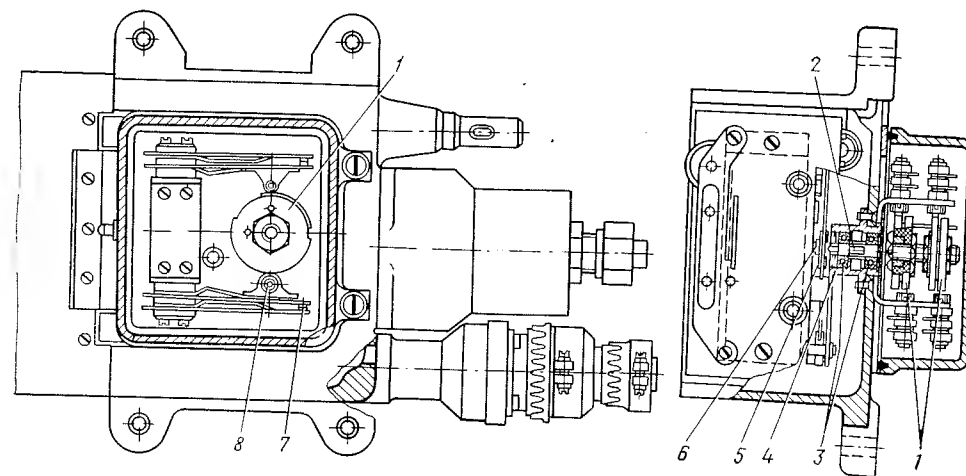


Рис. XII-22. Контактное устройство к скоростемеру СЛ-2М: 1 — кулачковая шайба; 2 — ось; 3 — шариковые подшипники; 4 — втулка; 5 — муфта; 6 — ось; 7 — контактная пружина; 8 — ролик

ля скорости на локомотивах, оборудованных автоматической локомотивной сигнализацией непрерывного типа (АЛСН). Скоростемер СЛ-2М записывает на ленте положение автостопа с АЛСН (включенное или выключенное), периодическое нажатие рукоятки бдительности и показания сигнальных огней локомотивного светофора.

На оси указателя скорости (с задней стороны скоростемера) устанавливают контактное устройство (рис. XII-22), а в верхней части — регистрирующее устройство с четырьмя реле. Электрические цепи АЛСН соединены с контактно-регистрирующими устройствами штепсельной вилкой и разъемом.

Контактная система осуществляет автоматический контроль скорости при проследовании поездом путевого светофора с желтым и красным огнями и появлении желтого, красно-желтого и красного огней на локомотивном светофоре, периодическую проверку бдительности машинистов при желтом (после достижения установленной скорости), желто-красном и красном огнях локомотивного светофора, а также служит для выключения контроля скорости и периодической проверки бдительности машиниста, когда поезд останавливается или следует со скоростью до 10 км/ч.

Регистрирующее устройство (рис. XII-23), расположенное на накладке лентопротяжного механизма, служит для записи на ленте положения АЛСН (включенное или выключенное), периодического нажатия машинистом на рукоятку бдительности, показания сигнальных огней (желтого, красно-желтого и красного) локомотивного светофора.

Диаграммная лента скоростемера предназначена для регистрации различных параметров по движению поездов и устройств автоматической локомотивной сигнализации и автоостопов.

Загорание огней локомотивного свето-

фора определяют по записи на ленте скоростемера:

зеленый огонь — электромагнит ЭЗ находится под напряжением и притянут, его писец занимает нижнее положение и записывает горизонтальную линию включенного положения АЛСН, все остальные электромагниты обесточены;

желтый огонь — электромагниты желтого огня ЭЖ и включенного положения автостопа ЭА находятся под напряжением и притянуты. Писцы этих электромагнитов занимают нижнее положение и записывают горизонтальную линию. При достижении установленной скорости (по специальному указанию МПС) на линии, соответствующей включенному положению автостопа, писец зафиксирует через 15—20 с вертикальные штрихи периодического нажатия рукоятки бдительности;

красно-желтый огонь — электромагниты красно-желтого огня ЭКЖ и включенного положения автостопа ЭА находятся под напряжением и притянуты, их писцы занимают нижнее положение и записывают горизонтальную линию. При этом на линии включенного положения автостопа писец зафиксирует через 15—20 с вертикальные штрихи периодического нажатия рукоятки бдительности;

красный огонь — электромагниты красного огня ЭК и включенного положения автостопа ЭА находятся под напряжением, их писцы занимают нижнее положение и чертят горизонтальную линию. При этом на линии включенного положения автостопа писец зафиксирует через 15—20 с вертикальные штрихи периодического нажатия рукоятки бдительности;

белый огонь — электромагнит ЭБ находится под напряжением и притянут, его писец занимает нижнее положение и чертит горизонтальную линию. Он зафиксирует через 15—20 с вертикальные штрихи периодического нажатия рукоятки бдительности.

ХIII. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЛОКОМОТИВОВ И ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

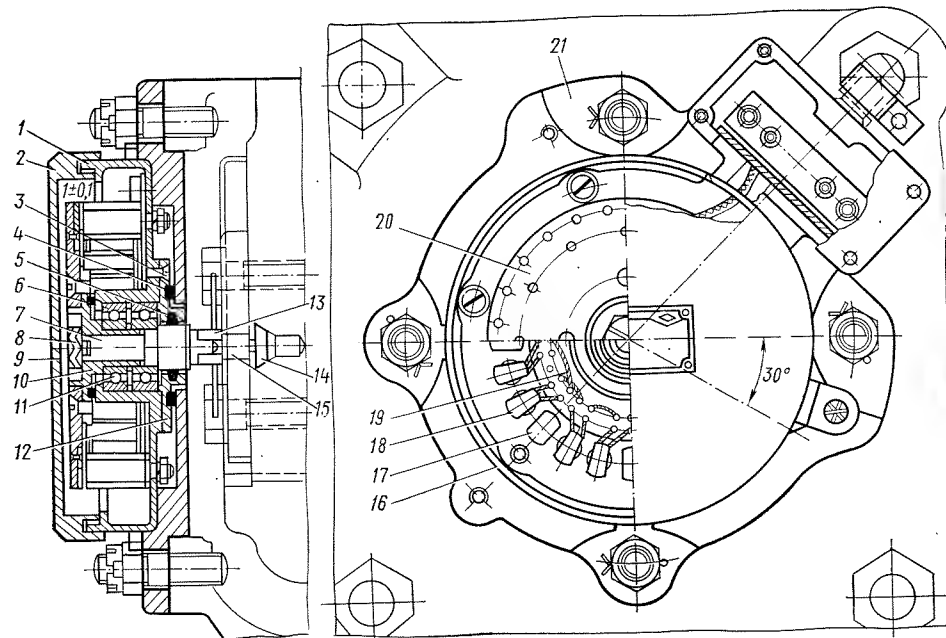


Рис. XII-25. Генератор скоростемера:

1 — корпус; 2, 9 — крышки; 3 — винт; 4, 5 — сальники; 6 — наружное кольцо; 7 — ось; 8 — винт; 10 — внутреннее кольцо; 11 — радиальный подшипник; 12 — фланец; 13 — вставка; 14 — центр; 15 — валик; 16 — статор; 17 — постоянные магниты; 18 — катушки; 19 — перемычки; 20 — якорь; 21 — крышка буксы колесной пары

электрических цепей указателя скорости относительно корпуса при температуре окружающего воздуха $+20 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 80% должно быть не менее 10 МОм.

В указателе скорости используются купроксные выпрямители ВК-20-11, рассчитанные на подводимое напряжение 20 В, выпрямленное 12 В, ток 15 мА.

Основные технические характеристики электромагнитного (нерегистрирующего) скоростемера следующие:

Напряжение питания 50 В $\pm 10\%$
Пределы измеряемых скоростей от 0 до 150 км/ч
Наибольшая допускаемая погрешность измерения скорости $\pm 10\%$ и $\pm 5\%$

Цена деления шкалы указателя скорости 2 км/ч
Количество витков катушки генератора 600
Диаметр обмоточной проволоки марки ПЭЛ 0,25 мм
Сопротивление катушки постоянному току 5,1—5,4 Ом
Зазор между полюсами и якорем $1,0 \pm 0,1$ мм
Ток, соответствующий полному отклонению стрелки указателя скорости 7,5 мА
Сопротивление изоляции генератора и указателя скорости относительно корпуса не менее 10 МОм

ХIII-1. РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПОСТОЯННОГО ТОКА КОНТАКТНО-РЕОСТАТНЫМ СПОСОБОМ

Регулирование скорости движения при пуске и разгоне, расчет электромеханических и тяговых характеристик описаны в главе II.

Группировки тяговых двигателей и способы перехода с одной группировки на другую. Тяговые двигатели э. п. с. могут быть соединены в p параллельных цепей по m последовательно соединенных двигателей в каждой цепи. При этом общее число двигателей $n = mp$.

Известны несколько способов перехода с одной группировки (соединения) тяговых двигателей на другую: коротким замыканием части двигателей, шунтированием части двигателей резистором и по схеме моста.

Переход коротким замыканием применен на электровозах ВЛ22^м без электрического торможения (табл. XIII-1). Упрощенная схема перехода с одного соединения на другое коротким замыканием двигателя II при двух группировках двигателей показана на

рис. XIII-1, а. В процессе перехода изменяется ток тяговых двигателей (рис. XIII-1, б) и сила тяги локомотива (рис. XIII-1, в). Переход шунтированием двигателей применяют для уменьшения толчка генераторного тока на электровозах ВЛ22^м с рекуперативным торможением, ВЛ8, ВЛ23, ВЛ10, ЧС2 и др. (табл. XIII-2, рис. XIII-2, б и в).

Переход по схеме моста иллюстрируется принципиальной схемой для двух тяговых двигателей (рис. XIII-3 и табл. XIII-3). В мостовой схеме (см. рис. XIII-3, б) ток от токоприемника протекает по двум параллельным цепям: через двигатели (ток I) и через реостаты (ток I_R). Следовательно, через мостовой контактор 4 протекает уравнивающий ток

$$I_y = I_R - I,$$

где

$$I_R = \frac{U_c}{R_1 + R_2}.$$

Направление тока I_y зависит от знака разности $I_R - I$. Если $I = I_R$, то $I_y = 0$ и

$$R_1 + R_2 = 2R = \frac{U_c}{I}. \quad (\text{XIII-1})$$

Таблица XIII-1

Последовательность замыкания и размыкания контакторов при переходах методом короткого замыкания

Позиции	Контакторы							
	1	2	3	4	5	6	7	8—13
Последовательное соединение (без-реостатная ступень)	1	2	3	—	—	6	—	8—13
Переходные позиции:								
1-я	1	2	—	—	—	6	—	—
2-я	1	2	—	—	—	6	7	—
3-я	1	2	—	—	—	—	7	—
4-я	1	2	—	—	5	—	7	—
Параллельное соединение (первая реостатная ступень)	1	2	—	4	5	—	7	—

Таблица XIII-2

Последовательность замыкания и размыкания контакторов на электровозах ВЛ8 и ВЛ10 при переходах методом шунтирования

Позиции	Контакторы		
	линейные	реостатные	групповые
16-я безреостатная	3-1, 4-1, 2-2	6-1, 7-1, 10-1, 11-1, 12-1, 6-2, 7-2, 10-2, 11-2, 12-2	22-1, 25-1, 32-0, 22-2, 25-2
П1	3-1, 4-1, 2-2, 3-2	6-1, 10-1, 11-1, 10-2, 11-2	22-1, 25-1, 32-0, 22-2, 25-2
П2	3-1, 4-1, 2-2, 3-2	6-1, 10-1, 11-1, 10-2, 11-2	22-1, 25-1, 32-0, 33-0, 22-2, 25-2
П3	3-1, 4-1, 2-2, 3-2	6-1, 10-1, 11-1, 10-2, 11-2	22-1, 25-1, 33-0, 22-2, 25-2
П4	3-1, 4-1, 2-2, 3-2	6-1, 11-1, 11-2	22-1, 25-1, 33-0, 22-2, 25-2
П5	3-1, 4-1	6-1, 11-1, 11-2	22-1, 25-1, 30-0, 31-0, 33-0, 22-2, 25-2
17-я реостатная	3-1, 4-1, 2-2, 3-2, 20-2	6-1, 11-1, 11-2	22-1, 25-1, 30-0, 31-0, 33-0, 22-2, 25-2
27-я безреостатная	3-1, 4-1, 2-2, 3-2	5-1, 6-1, 7-1, 8-1, 10-1, 11-1, 12-1, 5-2, 6-2, 7-2, 8-2, 10-2, 11-2, 12-2	22-1, 25-1, 30-0, 31-0, 33-0, 22-2, 25-2
П1	3-1, 4-1, 2-2, 3-2, 20-2	5-1, 8-1, 5-2, 8-2	22-1, 25-1, 30-0, 31-0, 33-0, 22-2, 25-2
П2	3-1, 4-1, 2-2, 3-2, 20-2	5-1, 8-1, 5-2, 8-2	25-1, 30-0, 31-0, 33-0, 25-2
П3	3-1, 4-1, 2-2, 3-2, 20-2	5-1, 8-1, 5-2, 8-2	23-1, 25-1, 30-0, 31-0, 33-0, 23-2, 25-2
П4	1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 1-2, 2-2, 3-2, 20-2	8-1, 8-2	23-1, 30-0, 31-0, 33-0, 23-2
П5 и 28-я реостатная	1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 1-2, 2-2, 3-2, 20-2	8-1, 8-2	23-1, 24-1, 25-1, 27-1, 30-0, 31-0, 33-0, 23-2, 24-2, 26-2, 27-2

Переход «мостом» применен почти на всех электропоездах постоянного тока (СР, ЭР1, ЭР2, ЭР22 и др.), на пассажирских электропоездах ЧС1, ЧС2 и ЧС3, а также на грузовых электропоездах двойного питания ВЛ82. На грузовых электропоездах пусковые токи могут существенно различаться в зависимости от массы поезда, в результате чего при неизменном пусковом сопротивлении переход будет сопровождаться существенными колебаниями силы тяги. Для уменьшения этих колебаний предусмотрены

дополнительные ступени на параллельном соединении тяговых двигателей.

Ступенчатый реостатный пуск. Он характеризуется коэффициентами:

$$\kappa_n = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{2I_{\text{ср}}}, \quad (\text{XIII-2})$$

где $I_{\text{ср}} = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2}$ — среднее значение пускового тока;

Таблица XIII-3

Последовательность замыкания и размыкания контакторов при переходах по схеме «моста»

Позиции	Контакторы					
	1	2	3	4	5	6—11
Последовательное соединение (реостатная ступень) . .	1	—	3	—	—	—
Последовательное соединение (безреостатная ступень) .	1	—	3	4	—	6—11
Переходные:						
1-я	1	—	—	4	—	—
2-я	1	2	—	4	5	—
Параллельное соединение (первая реостатная ступень) .	1	2	—	—	5	—

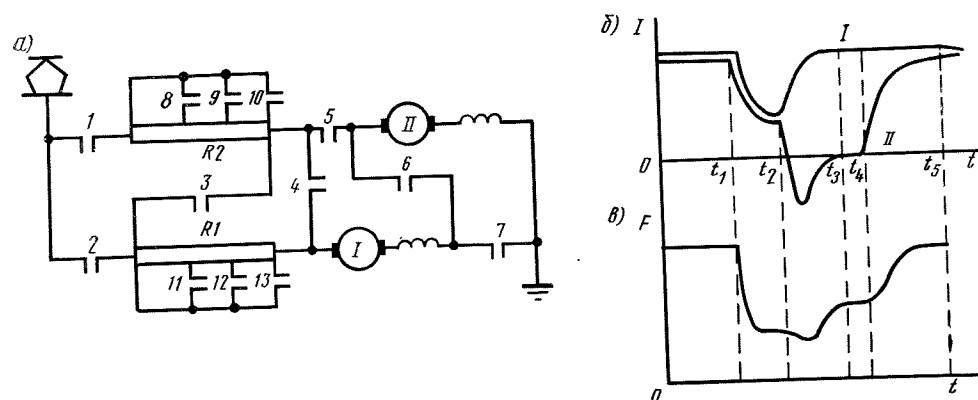


Рис. XIII-1. Упрощенная схема перехода методом короткого замыкания тяговых двигателей

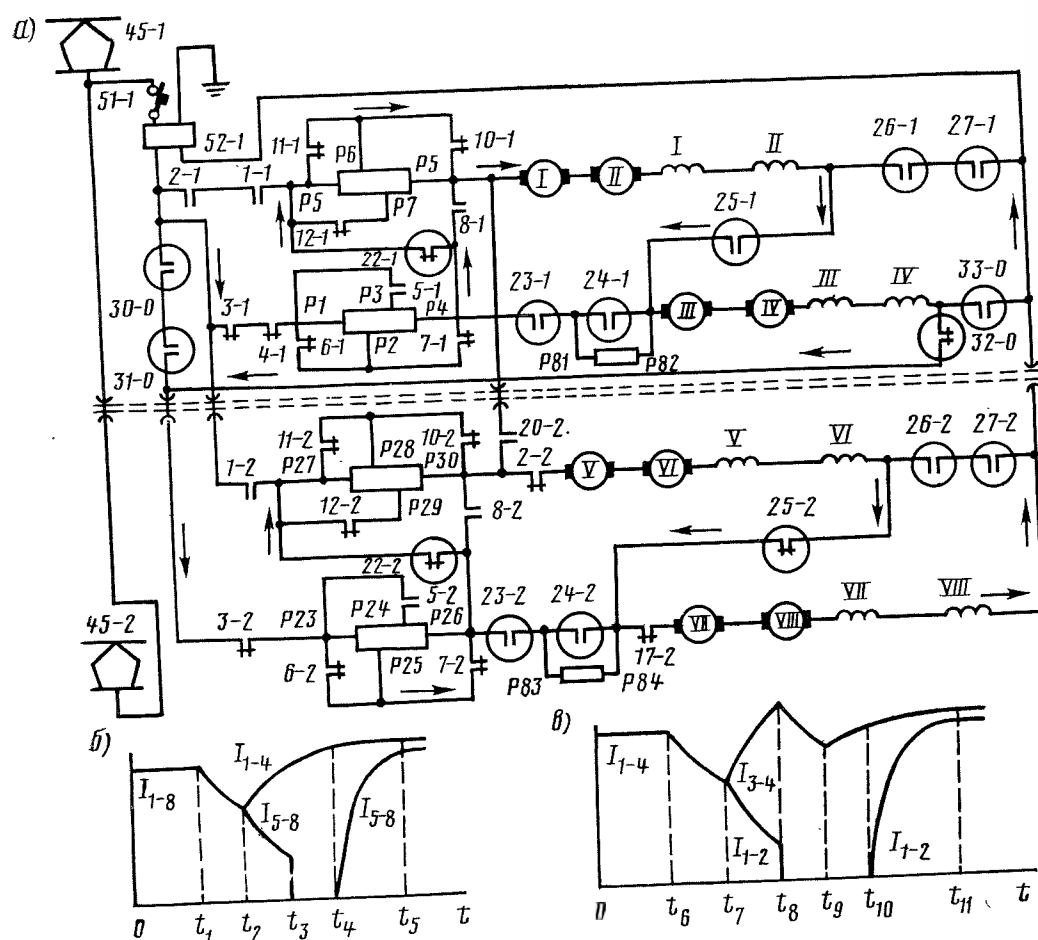


Рис. XIII-2. Схема перехода методом шунтирования тяговых двигателей электропоездов ВЛ8 и ВЛ10

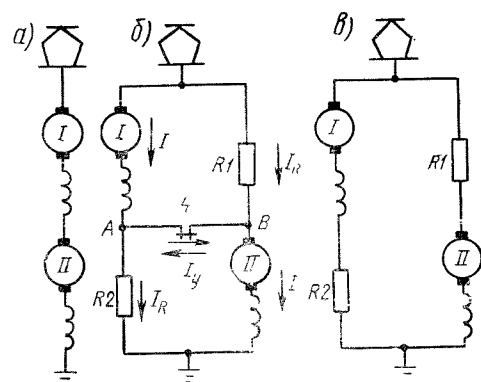


Рис. XIII-3. Упрощенная схема перехода «мостом»

неравномерности пуска по силе тяги

$$\kappa'_H = \frac{F_{K \max} - F_{K \min}}{2F_{K \text{ ср}}}; \quad (\text{XIII-3})$$

неравномерности пуска по ускорению

$$\kappa''_H = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{2a_{\text{ср}}} = \frac{\left[\frac{F_{K \max}}{Q} - (\omega_0 + i) \right] - \left[\frac{F_{K \min}}{Q} - (\omega_0 + i) \right]}{2 \left[\frac{F_{K \text{ ср}}}{Q} - (\omega_0 + i) \right]} = \kappa'_H \frac{F_{K \text{ ср}}}{F_{K \text{ ср}} - Q(\omega_0 + i)}, \quad (\text{XIII-4})$$

где Q — вес поезда, тс;
 i — величина уклона, ‰;

$a = \frac{dv}{dt}$ — ускорение, м/с²;

ω_0 — основное удельное сопротивление движению поезда на площадке, кгс/тс.

Пусковую диаграмму строят по известному коэффициенту κ_H и величине среднего или максимального пускового тока, которые выбирают с учетом значений силы тяги и тока, допустимых по условиям сцепления и по коммутационным свойствам тяговых двигателей.

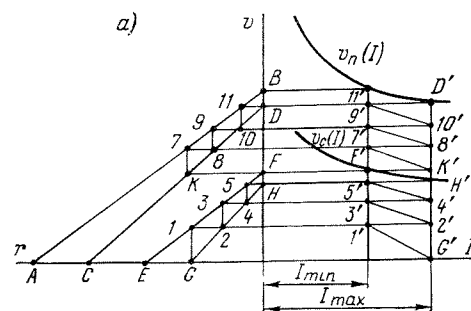


Рис. XIII-4. Графический расчет ступеней пусковых реостатов

По условиям сцепления необходимо, чтобы

$$F_{K \max} = (1 + \kappa'_H) F_{K \text{ ср}} \leq \psi \Pi \cdot 1000 \quad (\text{XIII-5})$$

или

$$F_{K \text{ ср}} \leq \frac{\psi \Pi \cdot 1000}{1 + \kappa'_H}, \quad (\text{XIII-6})$$

где ψ — коэффициент сцепления колеса с рельсом;

Π — сцепной вес локомотива, тс.

Второе ограничение по коммутационной устойчивости тяговых двигателей характеризуется при реостатном пуске допустимым коэффициентом эксплуатационной перегрузки $\kappa_{\text{пв}}$, т. е.

$$I_{\max} = \kappa_{\text{пв}} I_{\text{н}}, \quad (\text{XIII-7})$$

где $\kappa_{\text{пв}}$ для электровозов с неавтоматическим управлением процессом пуска равно 1,4—1,6, а для электровозов с автоматическим управлением — 1,6—1,8.

Из двух полученных значений $I_{\max}$ выбирают наименьшее и согласно уравнению (XIII-2) при заданном κ_H определяют

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\max}}{1 + \kappa_H}. \quad (\text{XIII-8})$$

Величина κ_H зависит в основном от вида э. п. с., системы пуска и величины ускорения. Рекомендуемые значения κ'_H и κ_H даны в табл. XIII-4.

Для моторных вагонов принимают коэффициент неравномерности по току обратно пропорциональным ускорению, считая

$$a_{\text{ср}} \kappa_H \approx 0,075 \div 0,085 \text{ м/с}^2.$$

Расчет ступеней пусковых реостатов.

Пример графического расчета разгонных ступеней для локомотива с двумя группировками двигателей приведен на рис. XIII-4, а. По графику определяют сопротивление r каждой ступени в расчете на один тяговый двигатель, а затем полное сопротивление цепи

$$r_{\text{п}} = r \frac{m}{p}. \quad (\text{XIII-9})$$

В правом квадранте графика строят исходные характеристики двигателя $v_{\text{п}}(I)$

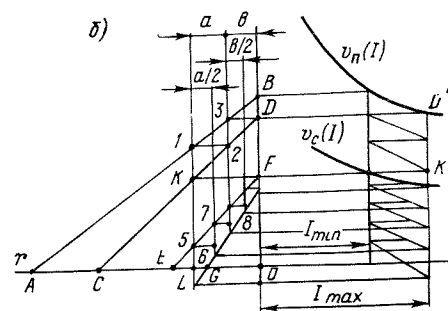


Таблица XIII-4

Рекомендуемые значения κ'_H и κ_H

Тип электроподвижного состава	κ'_H	κ_H
Электровозы . . .	0,09—0,10	0,07—0,08
Моторные вагоны электропоездов при пусковых ускорениях:		
0,4—0,5 м/с ²	0,18—0,25	0,15—0,2
0,6—0,7 »	0,10—0,12	0,08—0,10
1,2—1,5 »	0,05—0,07	0,04—0,06

при номинальном напряжении ($U_{\text{кп}} = U_{\text{кн}}$)

и $v_c(I)$ при $U_{\text{кв}} = \frac{1}{2} U_{\text{кн}}$,

где $v_c, v_{\text{п}}$ — скорость движения соответственно на последовательном и параллельном соединениях двигателей;

$U_{\text{кв}}, U_{\text{кп}}$ — напряжение на коллекторе тяговых двигателей соответственно при последовательном и параллельном их соединении.

$$r_A = \frac{U_{\text{кп}}}{I_{\min}} - r_d; \quad r_C = \frac{U_{\text{кп}}}{I_{\max}} - r_d;$$

$$r_E = \frac{U_{\text{кв}}}{I_{\min}} - r_d; \quad r_G = \frac{U_{\text{кв}}}{I_{\max}} - r_d,$$

где r_d — сопротивление обмоток двигателя.

Точки B, D, F, H, лежащие на оси ординат, соответствуют точкам исходных характеристик при токах $I = I_{\max}$ и $I = I_{\min}$.

Ступени пусковых реостатов при последовательном соединении двигателей определяют путем построения ломаной линии $G-1-2-3-4-5-H$ в пределах ограничивающих прямых GH и EF . Полученные ступени, перенесенные в первый квадрант, позволяют определить колебания пускового тока в виде ломаной линии $G'-1'-2'-3'-4'-5'-H'$.

В точке F' переходят на параллельное соединение двигателей; пусковой ток при этом увеличится до $I_{\max}$, что соответствует переходу из точки F' в точку K'. В левом квадранте графика это соответствует переходу из точки F в точку K. Ступени реостата, необходимые при пуске на параллельном соединении двигателей, определяются ломаной линией $K-7-8-9-10-11-D$.

При переходе по способу «моста» пусковые ступени рассчитываются для параллельного соединения тяговых двигателей (см. рис. XIII-4, б), для чего от точки D до точки K строят ступенчатую ломаную линию, ограниченную прямыми AB и CD. Величины ступеней сопротивлений будут определяться отрезками a и в.

Расчет маневровых и дополнительных ступеней. Первую маневровую ступень выбирают такой, чтобы ускорение в начале

пуска на площадке не превышало: для одиночного электровоза 0,3—0,4 м/с², а для порожнего электропоезда 0,4—0,5 м/с².

Сила тяги локомотива на 1-й маневровой позиции, необходимая для трогания подвижного состава с места на площадке с ускорением a_M ,

$$F_{\text{км1}} = G [\omega_0 + 102 (1 + \gamma) a_M], \quad (\text{XIII-10})$$

где G — вес одиночного электровоза или порожнего электропоезда, тс;

ω_0 — удельное основное сопротивление движению локомотива, кгс/тс, при $v = 10$ км/ч;

$1 + \gamma$ — коэффициент инерции вращающихся частей локомотива (см. главу II).

Сила тяги, развиваемая одним тяговым двигателем на 1-й маневровой позиции,

$$F_{\text{м1}} = \frac{F_{\text{км1}}}{n}. \quad (\text{XIII-11})$$

По характеристике $F_K(I)$ определяют ток $I_{\text{м1}}$, соответствующий силе тяги $F_{\text{м1}}$. Изменение силы тяги при переходе с одной маневровой позиции на другую должно быть приблизительно равным разности $F_{K \max} - F_{K \min}$, а изменение тока — разности $I_{\max} - I_{\min}$.

Количество маневровых ступеней

$$\epsilon_M = \frac{F_{\text{р1}} - F_{\text{м1}}}{F_{K \max} - F_{K \min}} \quad (\text{XIII-12})$$

или

$$\epsilon_M \approx \frac{I_{\text{р1}} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}, \quad (\text{XIII-13})$$

где $F_{\text{р1}}$ и $I_{\text{р1}}$ — соответственно сила тяги и ток на 1-й основной (разгонной) позиции при $v = 0$.

Полученные значения ϵ_M округляют до целого числа. Ток любой маневровой ступени

$$I_{\text{мi}} \approx I_{\text{м1}} + (i - 1) \frac{I_{\max} - I_{\min}}{\epsilon_M}, \quad (\text{XIII-14})$$

где i — порядковый номер рассчитываемой маневровой ступени.

Сопротивление, приходящееся на один тяговый двигатель на маневровых ступенях,

$$r_{\text{ми}} = \frac{U_{\text{кв}}}{I_{\text{ми}}} - r_d.$$

Количество дополнительных ступеней

$$\epsilon_d = \frac{I_{\max} - (0,5 \div 0,6) I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}.$$

Пример расчета сопротивлений дополнительных ступеней при $\epsilon_d = 2$ приведен на рис. XIII-5.

Расчет начинают с определения положения точки 2' на безреостатной характеристике последовательного соединения, через которую проходит характеристика последней (второй) дополнительной ступени. Изменение тока при переходе из точки 2' на 1-ю основную реостатную характеристику

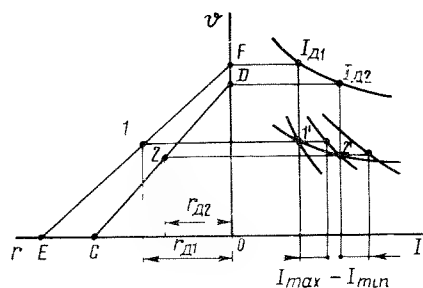


Рис. XIII-5. Графический расчет дополнительных ступеней пусковых реостатов

ку параллельного соединения (pI) должно быть равно ($I_{\max} - I_{\min}$). Абсциссу точки $2'$ обозначим I_{D2} . Для определения положения точки 2 в левом квадранте графика строят прямую CD , соответствующую условию $I = I_{D2} = \text{const}$. Ордината точки D равна скорости на безреостатной позиции параллельного соединения при $I = I_{D2}$. Абсциссу точки C определяют как

$$r_c = \frac{U_{\text{кп}}}{I_{D2}} - r_d.$$

Точка 2 находится на пересечении прямой CD и горизонтальной линии, проходящей через точку $2'$. Абсцисса точки 2 определяет сопротивление 2-й дополнительной ступени r_{D2} . Затем в правом квадранте графика строят характеристику $v(I)$, соответствующую работе тяговых двигателей с сопротивлением r_{D2} . Аналогично строят точки $1'$ и 1 и определяют сопротивление r_{D1} .

Выбор сопротивления переходных резисторов. Пусть двигатели соединены в p параллельных ветвей, а в каждой ветви последовательно включено m_1 двигателей (рис. XIII-6, а). Переход осуществляется методом короткого замыкания при скорости $v_{\text{п}}$, соответствующей току $I_{\min}$. В процессе перехода в каждой параллельной ветви закорачивается $m_1 - m_2$ двигателей с предварительным включением в цепь переход-

ного резистора $R_{\text{п}}$. Сопротивление $R_{\text{п}}$ определяется из условия, что после закорачивания тяговых двигателей ток не должен превышать $I_{\max}$. При этом уравнение равновесия напряжений

$$U_c - (pR_{\text{п}} + m_2 r_d) I = m_2 c v_{\text{п}} \Phi, \quad (\text{XIII-15})$$

где U_c — напряжение контактной сети.

На графике рис. XIII-6, б построена кривая $m_2 c v_{\text{п}} \Phi$. Левая часть уравнения (XIII-15) изображается прямой, проходящей через точку A с ординатой U_c . Чтобы после закорачивания тяговых двигателей ток не превысил $I_{\max}$, эта прямая должна проходить через точку C с абсциссой $I_{\max}$, лежащую на кривой $m_2 c v_{\text{п}} \Phi$. Величина $(pR_{\text{п}} + m_2 r_d) I_{\max}$ изображается отрезком BC , по которому определяют $R_{\text{п}}$. Из графика определяют и величину тока на 1-й переходной позиции (при введенном резисторе $R_{\text{п}}$ до закорачивания двигателей). Для этого строят кривую $m_1 c v_{\text{п}} \Phi$ и прямую $U_c - (pR_{\text{п}} + m_1 r_d) I$. Абсцисса точки D пересечения этих линий определяет величину тока на 1-й переходной позиции.

Сопротивление переходного шунтирующего резистора $R_{\text{пш}}$ (рис. XIII-6, в) выбирают таким, чтобы падение напряжения на нем было больше э. д. с. зашунтированного тягового двигателя: примерно $(0,3 \div 0,5) I_{\text{ч}} r_d$. Полагая, что весь ток $I_{\max}$ протекает через резистор $R_{\text{пш}}$, можно записать

$$R_{\text{пш}} \geq (0,3 \div 0,5) \frac{I_{\text{ч}}}{I_{\max}} r_d. \quad (\text{XIII-16})$$

При шунтировании m последовательно соединенных двигателей сопротивление $R_{\text{пш}}$ увеличивается в m раз.

Тепловой расчет пусковых реостатов. Для теплового расчета пусковых реостатов электровозов принимают следующие расчетные режимы:

пуск от первой до последней позиции при расчетном значении пускового тока и минимальном ускорении для грузовых электровозов $0,01 - 0,015 \text{ м/с}^2$, а для пассажирских $0,02 - 0,03 \text{ м/с}^2$;

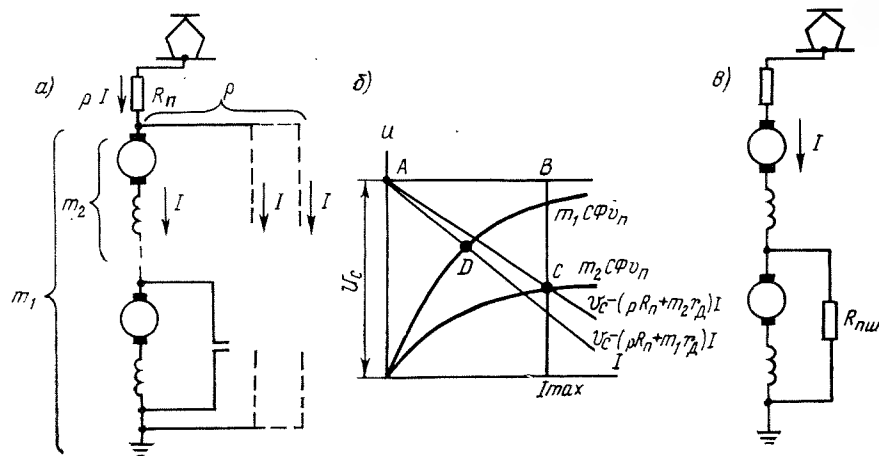


Рис. XIII-6. Расчетные схемы для определения сопротивления переходных и шунтирующих резисторов

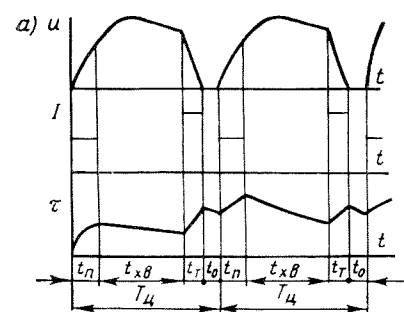


Рис. XIII-7. Зависимости, характеризующие расчетные режимы нагревания пусковых реостатов: $t_{\text{п}}$ и $t_{\text{т}}$ — время работы реостатов при пуске и торможении; $t_{\text{х}}$ — время движения на ходовых позициях и выбеге; $t_{\text{о}}$ — продолжительность остановки

длительная езда на любой реостатной ступени при токе, равном 40—60% тока $I_{\text{ч}}$ на каждом соединении двигателей;

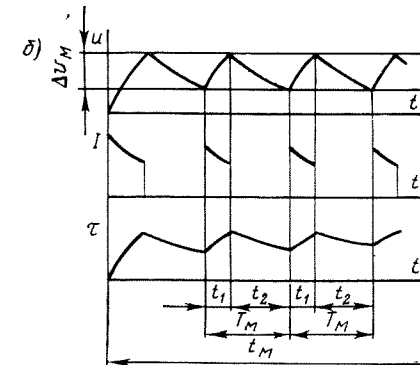
работа в течение 3—5 мин на маневровых позициях; при этом ток определяется для каждой позиции по пусковой диаграмме для условий трогания с места;

движение по расчетному подъему с включенными реостатами, применяемое в эксплуатации при плохих условиях сцепления для прекращения буксования. Обычно проверяется нагревание для двух-трех реостатных позиций, предшествующих каждой безреостатной ступени, при длительной работе электровоза с расчетным пусковым током.

При наличии реостатного торможения добавляются следующие расчетные режимы: подтормаживание поезда с заданной массой на заданном спуске в принятом диапазоне скоростей. Время подтормаживания $t_{\text{пт}}$ и ток $I_{\text{пт}}$ определяют по заданной крутизне и длине спуска, весу поезда и скорости движения;

торможение до остановки поезда заданной массы на определенном элементе профиля пути. Время торможения $t_{\text{т}}$ определяют по заданному весу поезда, максимальному тормозному усилию электровоза и профилю пути.

При тепловом расчете пуско-тормозных реостатов электровозов и электропоездов междугородного сообщения считают, что промежутки времени между отдельными пусками и торможениями достаточно велики для полного остывания реостатов (режим кратковременной нагрузки). У моторных вагонов пригородного сообщения промежутки времени между пусками и торможениями невелики и за это время пусковые реостаты не успевают полностью остыть. Поэтому за расчетный режим принимают повторно-кратковременную работу реостатов (рис. XIII-7, а). Маневровая работа моторных вагонов электропоездов представляет собой также повторно-кратковременный режим, так как для поддержания необходимой при маневрах скорости 5—10 км/ч требуется периодическое включение и выключение тяговых двигателей



(рис. XIII-7, б). Обычно продолжительность маневров составляет 3—5 мин.

При пуске и торможении переход с одной позиции на другую сопровождается изменением тока отдельных секций пусковых реостатов. Поэтому тепловой расчет ведут по эффективному среднему квадратичному току, подсчитываемому за время пуска или торможения электровоза с составом:

$$I_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\varepsilon} I_i^2 \Delta t_i}{t_{\text{п}}}}, \quad (\text{XIII-17})$$

где I_i — ток, протекающий через данную секцию реостата на позиции i с учетом количества параллельно включенных двигателей, а также разветвления тока при параллельном соединении отдельных секций и групп реостата;

ε — общее число позиций электровоза.

Расчетное значение тока на один тяговый двигатель принимают равным $I_{\text{п}}$ для всех позиций, кроме маневровых и дополнительных. На маневровых позициях в качестве расчетного принимают ток, соответствующий $v = 0$, на дополнительных — ток, соответствующий пересечению характеристик дополнительной ступени и предыдущей безреостатной позиции.

Время пуска электровоза (в секундах)

$$t_{\text{п}} = \frac{v_{\text{п}}}{3,6 a_{\text{п}}}, \quad (\text{XIII-18})$$

где $v_{\text{п}}$ — скорость движения электровоза на безреостатной ступени параллельного соединения, соответствующая току $I_{\text{сп}} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{2}$, км/ч; $a_{\text{п}}$ — расчетное пусковое ускорение, м/с².

Время работы на позиции i (в секундах)

$$\Delta t_i = \frac{\Delta v_i}{3,6 a_{\text{п}}}, \quad (\text{XIII-19})$$

где Δv_i — приращение скорости на позиции i при изменении тока от $I_{\max}$ до $I_{\min}$ в соответствии с пусковой диаграммой, км/ч. При большом количестве позиций величины Δt_i на всех позициях с достаточной степенью точности принимают равными и определяют по формуле

$$\Delta t_i \approx \frac{t_{\text{п}}}{\varepsilon} \quad (\text{XIII-20})$$

При повторно-кратковременном режиме работы пускового реостата определяют средний квадратичный ток за время одного цикла $T_{\text{ц}}$, состоящего из пуска (продолжительность $t_{\text{п}}$), движения на ходовых позициях ($t_{\text{х}}$), выбега ($t_{\text{в}}$), торможения ($t_{\text{т}}$) и остановки ($t_{\text{о}}$):

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{п}} + t_{\text{х}} + t_{\text{в}} + t_{\text{т}} + t_{\text{о}} \quad (\text{XIII-21})$$

Ток можно определить по формуле

$$I_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\varepsilon} I_i^2 \Delta t_i}{T_{\text{ц}}}} \quad (\text{XIII-22})$$

Время одного цикла $T_{\text{ц}}$ (в секундах) определяется длиной эквивалентного перегона $l_{\text{э}}$ и средней (технической) скоростью движения $v_{\text{ср}}$:

$$T_{\text{ц}} = \frac{3,6 l_{\text{э}}}{v_{\text{ср}}} \quad (\text{XIII-23})$$

Для ориентировочных подсчетов время одного цикла $T_{\text{ц}}$ в пригородном движении принимают равным 150 с.

Эффективный ток маневрового режима

$$I_{\text{эф. м}} = I_{\text{ср1}} \sqrt{\frac{t_1}{T_{\text{м}}}} \quad (\text{XIII-24})$$

где $I_{\text{ср1}}$ — средний эффективный ток за время t_1 движения электропоезда с включенными двигателями;

$T_{\text{м}} = t_1 + t_2$ — время маневрового цикла (см. рис. XIII-7, б).

Считая, что маневры производят на горизонтальном участке пути и приращение скорости $\Delta v_{\text{м}}$ за время движения под током равно снижению скорости за время выбега, принимают

$$t_1 = \frac{\Delta v_{\text{м}}}{3,6 a_{\text{м}}} \quad (\text{XIII-25})$$

$$t_2 = 28,3 (1 + \gamma) \frac{\Delta v_{\text{м}}}{\omega_{\text{х}}} \quad (\text{XIII-26})$$

где $a_{\text{м}}$ — ускорение при маневровом режиме;

$\omega_{\text{х}}$ — основное удельное сопротивление движению электропоезда на выбегах.

Таким образом,

$$I_{\text{эф. м}} = I_{\text{ср1}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{102 (1 + \gamma) a_{\text{м}}}{\omega_{\text{х}}}}} \quad (\text{XIII-27})$$

Основные расчетные режимы пусковых реостатов для электропоездов приведены в табл. XIII-5, для электропоездов — в табл. XIII-6.

Выбор пусковых реостатов. Элементы пусковых реостатов, работающих в длительном режиме, выбирают из условия

$$I_{\text{эф}} \leq I_{\infty} \quad (\text{XIII-28})$$

где I_{∞} — длительный ток реостата выбранного типа, соответствующий максимально допустимому превышению температуры t_{max} .

Реостаты, работающие в кратковременном режиме, выбирают двумя способами: по кривым нагревания (рис. XIII-8) или с помощью уравнения нагревания. В первом случае по оси абсцисс откладывают длительность режима, а затем выбирают такой тип реостата, превышение температуры которого в конце указанного промежутка времени не выше величины t_{max} .

Таблица XIII-5

Основные расчетные режимы пусковых реостатов электропоездов

Наименование режима	Характеристика режима	Расчетный ток на тяговый двигатель	Длительность режима	Формула для определения эффективного тока
Пуск Длительная езда на любой реостатной позиции Маневровая работа Движение по подъему (для нескольких реостатных позиций, предшествующих безреостатным) Подтормаживание реостатным тормозом на затяжном спуске Торможение реостатным тормозом до остановки	Кратковременный	$I_{\text{п}}$	$t_{\text{п}}$	(XIII-17)
	Длительный	$(0,4 \div 0,6) I_{\text{ч}}$	∞	$I_{\text{эф}} = I_{\text{п}}$
	Кратковременный	$I_{\text{м}}$	$t_{\text{м}}$	$I_{\text{эф}} = I_{\text{м}}$
	Длительный	$I_{\text{п}}$	∞	$I_{\text{эф}} = I_{\text{п}}$
	Кратковременный	$I_{\text{пт}}$	$t_{\text{пт}}$	(XIII-17)
	»	$I_{\text{т.ср}}$	$t_{\text{т}}$	(XIII-17)

Таблица XIII-6
Основные расчетные режимы пусковых реостатов электропоездов

Наименование режима	Характеристика режима	Расчетный ток на двигатель	Длительность режима	Номер формулы для определения эффективного тока
Пуск и реостатное торможение до остановки Маневровая работа Подтормаживание реостатным тормозом на затяжном спуске	Повторно-кратковременный	$I_{\text{п}}$	∞	(XIII-22)
	То же	$I_{\text{эф. м}}$	$t_{\text{м}}$	(XIII-27)
	Кратковременный	$I_{\text{пт}}$	$t_{\text{пт}}$	(XIII-17)

Для элемента реостата по истечении времени t

$$\tau = \frac{P}{B} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}}, \quad (\text{XIII-29})$$

где P — потери мощности в элементе реостата:

$$P = I_{\text{эф}}^2 R_{\text{эл}}; \quad (\text{XIII-30})$$

$R_{\text{эл}}$ — сопротивление элемента;
 B — коэффициент теплоотдачи элемента реостата:

$$B = \frac{I_{\infty}^2 R_{\text{эл}}}{\tau_{\text{max}}} \text{ Вт/}^{\circ}\text{C}; \quad (\text{XIII-31})$$

τ_0 — начальное превышение температуры реостата над температурой окружающей среды;
 T — тепловая постоянная времени элемента:

$$T = \frac{CM_{\text{пэ}}}{B}; \quad (\text{XIII-32})$$

C — удельная теплоемкость проводникового материала элемента, Вт·с/кг·°C;
 $M_{\text{пэ}}$ — масса проводникового материала элемента, кг.

Если время между двумя пусками достаточно для охлаждения реостата, то $\tau_0 = 0$. Элемент используется полностью, если в конце пуска при $t = t_{\text{п}}$ превышение температуры достигает наибольшего допустимого значения $\tau = \tau_{\text{max}}$. Подставив в уравнение (XIII-29) выражения (XIII-30) и (XIII-31), получим

$$I_{\infty} = I_{\text{эф}} \sqrt{1 - e^{-\frac{t_{\text{п}}}{T}}}. \quad (\text{XIII-33})$$

По найденному значению I_{∞} выбирают элементы реостата. Реостаты, работающие в повторно-кратковременном режиме неограниченной продолжительности, выбирают по условию (XIII-28) аналогично длительному режиму. Реостаты, работающие в повторно-кратковременном режиме ограниченной продолжительности, выбирают по уравнению (XIII-33) аналогично кратко-

временному режиму. Для маневрового режима

$$I_{\infty} = I_{\text{эф. м}} \sqrt{1 - e^{-\frac{t_{\text{м}}}{T}}}. \quad (\text{XIII-34})$$

При проверке по формулам (XIII-28) и (XIII-33) может оказаться, что средняя за цикл температура реостата не превышает допустимой. Но вследствие малой тепло-

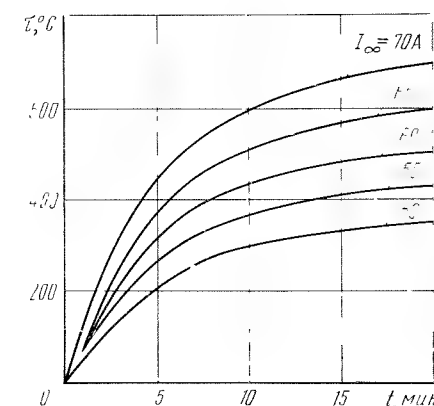


Рис. XIII-8. Кривые нагревания элементов пусковых реостатов

емкости фехралевых резисторов в момент окончания пуска и торможения температура реостата может значительно превысить среднюю. Эти пиковые величины проверяют по уравнению нагревания. По уравнению (XIII-17) рассчитывают эффективные токи за время пуска $I_{\text{эф. п}}$ и торможения $I_{\text{эф. т}}$ и определяют значение $\tau_{\text{п}}$ в конце пуска

$$\tau_{\text{п}} = \frac{I_{\text{эф. п}}^2}{I_{\infty}^2} \tau_{\text{max}} \left(1 - e^{-\frac{t_{\text{п}}}{T}} \right) + \frac{I_{\text{эф. т}}^2}{I_{\infty}^2} \tau_{\text{max}} \left(1 - e^{-\frac{t_{\text{т}}}{T}} \right) \times e^{-\frac{t_{\text{п}} + t_{\text{о}}}{T}} + \tau_0 e^{-\frac{t_{\text{п}}}{T}} \quad (\text{XIII-35})$$

Аналогично рассчитывают превышение температуры в конце торможения

$$\tau_T = \frac{I_{\text{эф.т}}^2}{I_{\infty}^2} \tau_{\text{max}} \left(1 - e^{-\frac{t_T}{T}} \right) + \frac{I_{\text{эф.п}}^2}{I_{\infty}^2} \tau_{\text{max}} \left(1 - e^{-\frac{t_p}{T}} \right) e^{-\frac{t_B + t_T}{T}} + \tau_0 e^{-\frac{t_p + t_B + t_T}{T}} \quad (\text{XIII-36})$$

Допустимая температура нагрева фехральных резисторов составляет 600° С. Чтобы ограничить нагрев окружающих конструкций, при расчете на длительный режим

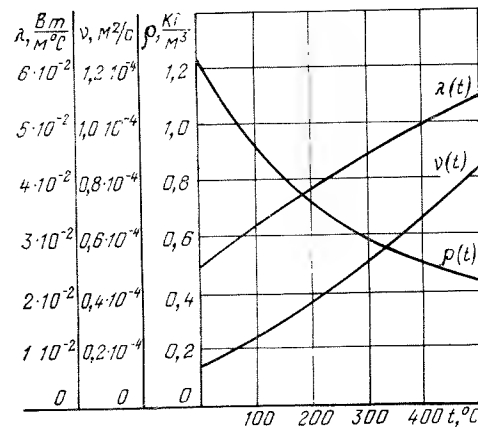


Рис. XIII-9. Удельные параметры охлаждающего воздуха

в выражениях (XIII-35) и (XIII-36) принимают $\tau_{\text{max}} = 350^\circ \text{С}$. Отдельные пиковые значения температуры не должны превышать 450° С. Если в результате расчета получено $\tau_{\text{п}} < 450^\circ \text{С}$ и $\tau_{\text{т}} < 450^\circ \text{С}$, то оставляют выбранные типы элементов. В противном случае выбирают реостаты более мощные.

Особенности теплового расчета и выбора реостатов с интенсивной вентиляцией. Для расчета вентилируемых реостатов должны быть известны: мощность P , выделяемая в элементе, кВт; температура воздуха на входе t_0 ; расход охлаждающего воздуха Q , м³/с; тип элемента.

Расчет обычно выполняют в следующем порядке:

1. Определяют температуру охлаждающего воздуха на выходе из данного ряда резисторов

$$t_1 = t_0 + \frac{P \cdot 10^3}{Q \rho C_p} \quad (\text{XIII-37})$$

где ρ — плотность воздуха при температуре t (рис. XIII-9), кг/м³;

C_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении для температур до 200° С (в среднем равна 1010 Дж/кг · град).

2. Находят среднюю температуру воздуха

$$t_{\text{в. ср}} = \frac{t_0 + t_1}{2} \quad (\text{XIII-38})$$

и скорость воздуха в каналах элемента

$$v_{\text{в}} = \frac{Q}{f} \quad (\text{XIII-39})$$

где f — площадь поперечного сечения канала.

3. Подсчитывают критерий Рейнольдса (критерий динамического подобия) по уравнению

$$\text{Re} = \frac{v_{\text{в}} d_0}{\nu} \quad (\text{XIII-40})$$

и критерий Нуссельта (критерий теплоотдачи)

$$\text{Nu} = k \text{Re}^n \quad (\text{XIII-41})$$

где ν — кинематическая вязкость воздуха, определяемая по рис. XIII-9;

d_0 — эквивалентный диаметр канала, образуемого витком ленты элемента реостата (см. табл. XIII-7);

k и n — безразмерные коэффициенты (см. табл. XIII-7).

4. Определяют коэффициент теплоотдачи

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \lambda}{d_0} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град} \quad (\text{XIII-42})$$

и превышение температуры ленты элемента

$$\tau = \frac{P \cdot 10^3}{\alpha F} \quad (\text{XIII-43})$$

где λ — коэффициент теплопроводности воздуха (см. рис. XIII-9);

F — площадь поверхности ленты, м² (см. табл. XIII-7).

5. Находят среднюю температуру ленты элемента

$$t_{\text{э. ср}} = \tau + t_{\text{в. ср}} \quad (\text{XIII-44})$$

и действительную температуру ленты с учетом отдачи тепла в окружающую среду

$$t_{\text{э. д}} = t_{\text{э. ср}} (1 - \kappa_{\text{п}}) \quad (\text{XIII-45})$$

где $\kappa_{\text{п}}$ — поправочный коэффициент, принимаемый в соответствии с табл. XIII-7.

6. Подсчитывают максимальную температуру ленты элемента

$$t_{\text{э. max}} = t_{\text{э. д}} \varepsilon_t \quad (\text{XIII-46})$$

где ε_t — коэффициент неравномерности нагрева ленты резистора (рис. XIII-10).

Аналогично проводят тепловой расчет элементов, расположенных в последующих рядах. Но в качестве t_0 принимают температуру воздуха на выходе из предыдущего ряда. Для рядов далее четвертого k и n остаются постоянными (за исключением элемента ЛФ-1, у которого теплоотдача

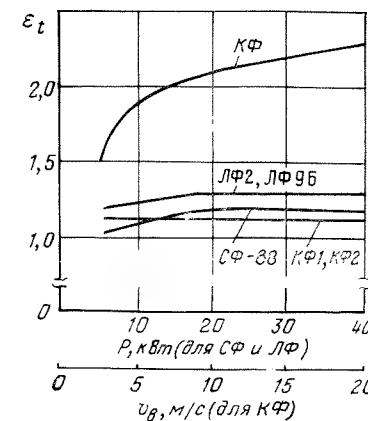


Рис. XIII-10. Коэффициенты неравномерности нагрева ленты резисторов

стабилизируется только после шестого ряда) и равными $\kappa = 0,379$ и $n = 0,51$. Кроме того, температура охлаждающего воздуха t_0 на выходе из блока резисторов не должна превышать 250° С. На входе в блок $t_0 = 40^\circ \text{С}$.

После расчета резисторов на нагревание производится их вентиляционный расчет. Потеря напора воздуха в элементах реостатов различной конструкции в зависимости от количества продуваемого через них воздуха приведена на рис. XIII-11.

XIII-2. РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С КОЛЛЕКТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТОКА

Ступенчатое регулирование скорости. Регулирование скорости э. п. с. переменного тока с коллекторными двигателями

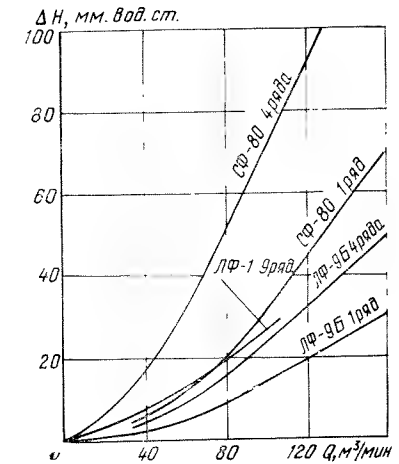


Рис. XIII-11. Потеря напора охлаждающего воздуха в элементах пусковых реостатов

пульсирующего тока осуществляют практически двумя способами: изменением выпрямленного напряжения и ослаблением поля главных полюсов.

Выбор числа ступеней ослабления поля и способы их получения для э. п. с. переменного тока такие же, что и для э. п. с. постоянного тока.

Способы перехода. В зависимости от способа переключения выводов трансформатора различают схемы с активными переходными сопротивлениями (переходными реостатами), с индуктивными переходными сопротивлениями (переходными реакторами) и схемы с вентильным переходом.

Переход по схеме с реактором (рис. XIII-12) получил широкое распространение на электровах с низковольтным регулированием (ВЛ60*, ВЛ80*). На основных ступенях регулирования I и III переходный реактор ПР обоими концами своей обмотки присоединяется к одному выводу трансформатора. При этом он ра-

Таблица XIII-7
Термические коэффициенты ленточных резисторов и поправочный коэффициент

Тип элемента	d_0 , м	f , м²	F , м²	Первый ряд		Четвертый ряд		$t_{\text{э. ср}}$	$\kappa_{\text{п}}$	
				k	n	k	n		Для элементов верхних и нижних рядов	Для элементов прочих рядов
КФ.	0,0860	0,0540	0,767	0,1590	0,690	0,1117	0,690	—	—	—
КФ-1	0,0860	0,0495	0,767	0,5110	0,590	0,4670	0,590	—	—	—
КФ-2	0,0860	0,0720	0,767	0,7470	0,560	0,5620	0,560	—	—	—
ЛФ-1	0,0245	0,1210	1,238	0,1240	0,670	0,2080	0,585	—	—	—
ЛФ-2	0,0239	0,1507	1,290	0,1180	0,685	0,1190	0,615	—	—	—
ЛФ-9Б	0,0209	0,0960	0,632	0,5010	0,785	0,0805	0,730	—	—	—
СФ-80	0,0120	0,1115	1,100	0,0762	0,715	0,0762	0,715	—	—	—
									250—350	0,17—0,22
									400—500	0,23—0,26
									0,13—0,165 0,17—0,195	

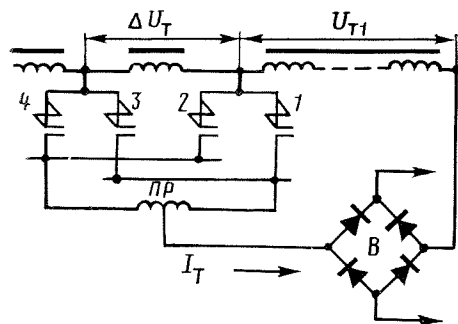


Рис. XIII-12. Схема переключения выводов трансформатора с применением переходного реактора

ботает как делитель тока, распределяя нагрузку I_T между двумя контакторами переключателя ступеней (рис. XIII-13, а). При этом реактор вызывает потерю выпрямленного напряжения, которая определяется индуктивным $0,5 X_p$ и активным $0,5 r_p$ сопротивлениями его полуобмоток.

При включении реактора на смежные выводы вторичной обмотки трансформатора (ступень II, рис. XIII-12 и XIII-13, б) к его обмотке прикладывается напряжение одной секции и реактор работает как автотрансформатор, делящий напряжение секции пополам, а напряжение на входе выпрямителя возрастает на $1/2 \Delta U_T$.

В схемах с переходным реактором используются в качестве регулировочных оба вида включения реактора — включение «на вывод» (см. рис. XIII-13, а) и «на секцию» (см. рис. XIII-13, б), а число ступеней будет равно удвоенному числу секций. Промежуточными являются положения, когда реактор подключен одним концом к выводу обмотки трансформатора (рис. XIII-13, б). При одностороннем включении через одну из полуобмоток реактора протекает весь ток нагрузки I_T . Если намагничивающий ток I_μ при включении реактора на секцию в n раз меньше I_T , то при одностороннем включении в его полуобмотке возникает индуктивное падение напряжения

$$X_p I_T \approx n \frac{\Delta U_T}{2}$$

В схеме с переходным реактором группового контроллера ЭКГ-8 на электровозах

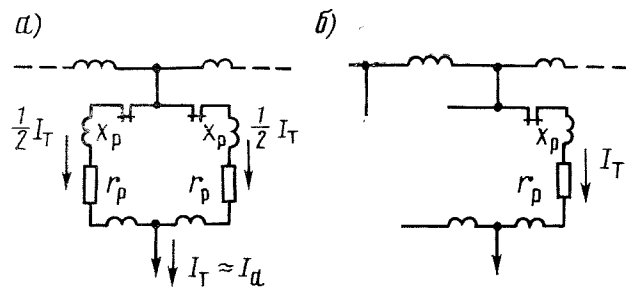


Рис. XIII-13. Включение переходного реактора на «вывод» и на «секцию»

Ступень	1	2	3	4
I	•	•		
II		•	•	
III			•	•

ВЛ60^к, ВЛ80^к цепь реактора при всех переходах предварительно разрывается одним из двух контакторов с дугогашением: А или Б (рис. XIII-14).

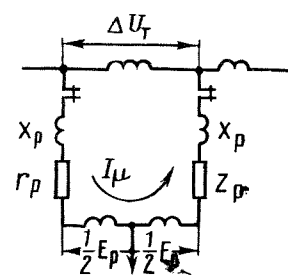
Для облегчения дугогашения контакторами группового контроллера переходный реактор часто шунтируют конденсатором и резистором — контуром RC.

Вентильный переход получил широкое применение на электровозах переменного тока.

В схемах вентильного перехода два плеча выпрямителя I и II выполняются с разветвлениями (рис. XIII-15). Число последовательных вентилей в каждом ответвлении выбирают по величине обратного напряжения, равной амплитуде напряжения одной секции трансформатора.

На 1-й позиции замкнуты контакторы 1 и 10а и выпрямители работают по нормальной мостовой схеме с питанием от первой секции трансформатора с напряжением U_{T1} , а выпрямленное напряжение $U_{d1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_{T1}$. На 2-й позиции замыкается контактор 2, затем размыкается без разрыва цепи под нагрузкой контактор 10а и на следующий вывод обмотки трансформатора переключается только одно плечо выпрямителя (рис. XIII-16, а), т. е. собирается несимметричный мост. Среднее выпрямленное напряжение при этом возрастает на половину величины, получаемой при совместном переключении плеч моста, т. е.

$$U_{d2} = U_{d1} + \frac{1}{2} \Delta U_T$$



где

$$\Delta U_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \Delta U_T$$

Следующая ступень симметричного питания получается замыканием контактора 10 (рис. XIII-16, б) с последующим размыканием цепи без нагрузки контактором 1.

Регулирование на стороне низшего напряжения. На отечественных электровозах и электропоездах с выпрямителями применено регулирование напряжения двигателей на стороне низшего напряжения трансформатора. Встречно-согласное включение обмоток трансформатора используется для увеличения числа ступеней.

В начале регулирования полуобмотки трансформатора $a1-x1$ и $1-01$ (рис. XIII-17) контактором 13 соединяют встречно, в результате чего на выходе вторичной обмотки получается минимальная величина напряжения, равная разности напряжений нерегулируемой и регулируемой полуобмоток: $U_{T1} - U_{12}$.

На 1-й маневровой ступени цепь замыкается контакторами 1 и А и ток ограничивается полуобмоткой переходного реактора ПР. Затем замыкается контактор 2 и при замкнутом контакторе Б переходный реактор включается двусторонне на секцию 1-2. Напряжение регулируемой полуобмотки уменьшается на $1/2 \Delta U_T$, а напряжение на выпрямителе повышается до

$$U_{T1} - U_{12} + \frac{1}{2} \Delta U_T$$

На следующую ступень переход осуществляется выключением контактора 1 и включением контактора 3. Для обеспечения переключения контакторов 1-3 без тока предварительно на время выключения контактора 1 выключается дугогасящий контактор А и переходный реактор переключается на вывод 2, а напряжение вторичной обмотки возрастает до $U_{T1} - U_{12} + \Delta U_T$ и т. д.

Когда контакторами 8 и 9 переходный реактор включается на вывод 01, регули-

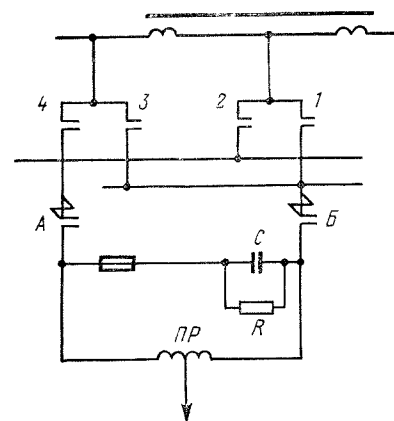


Рис. XIII-14. Включение контура RC для облегчения дугогашения контакторов контроллера ЭКГ-8

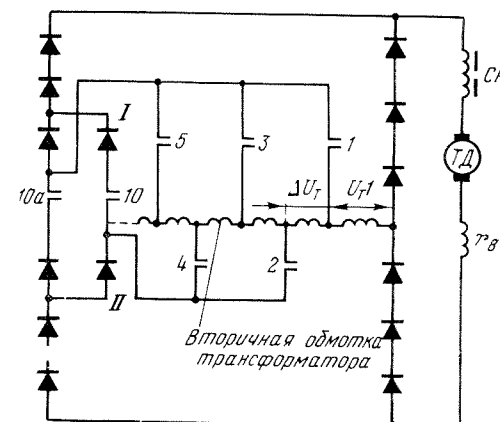


Рис. XIII-15. Упрощенная схема вентильного переключения выводов трансформатора

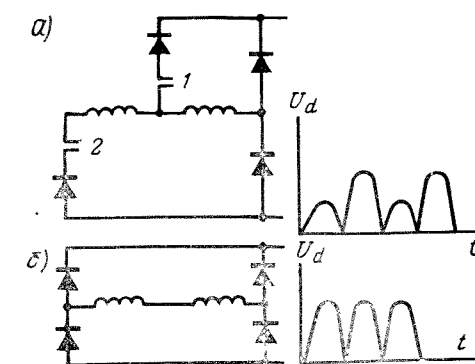


Рис. XIII-16. Упрощенная схема несимметричного (а) и симметричного (б) включения моста

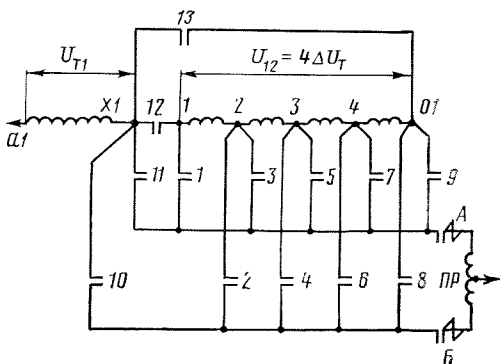


Рис. XIII-17. Упрощенная схема встречно-согласного включения обмоток трансформатора электровозов ВЛ60^к и ВЛ80^к

руемая полуобмотка выводится из общей цепи и напряжение на вторичной обмотке достигнет величины U_{T1} .

Переход на согласное соединение полуобмоток начинается переключением цепи с вывода 01 на вывод $x1$ путем замыкания контакторов 10, 11 и размыкания контакторов 8, 9. Обычно осуществляется переключение реактора с вывода 4 на $x1$ переключением

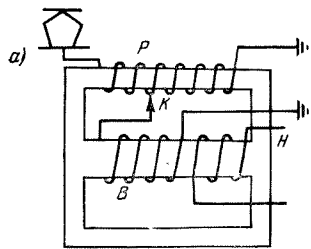


Рис. XIII-18. Упрощенная схема регулирования напряжения на стороне высшего напряжения трансформатора:
P — регулировочный автотрансформатор; B — обмотка высшего напряжения; H — вторичная обмотка низшего напряжения; K — скользящий контакт

чением контакторов 6 и 10, а потом 7 и 11. Затем выключением контактора 13 и включением контактора 12 осуществляется согласное соединение полуобмоток. Далее переключением контакторов 10 и 2, 11 и 3 и т. д. производится дальнейшее регулирование напряжения, которое повышается с U_{T1} до $U_{T1} + \frac{1}{2} \Delta U_T$, $U_{T1} + \Delta U_T$ и т. д.

Регулирование на стороне высшего напряжения. У электровозов ЧС4, Ф и К для этих целей применяют трехобмоточные трехстержневые трансформаторы (рис. XIII-18, а).

При произвольном положении контакта K (рис. XIII-18, б) часть регулировочной обмотки между ним и сетью с числом витков w_1 нагружена током I_1 , а часть между контактом K и землей (с числом витков w_2) — током I_2 .

Выбор числа ступеней трансформатора. Для определения ступеней напряжения и построения пусковой диаграммы удобнее пользоваться характеристиками э. д. с. E (I) или напряжения $U_K(I)$ двигателей при постоянных значениях скорости $v = \text{const}$. При построении характеристик E или U_K принимают несколько произвольных значений тока нагрузки и для них подсчитывают э. д. с. якоря E, соответ-

ствующую одной и той же скорости движения. Обычно рассчитывают характеристику для одной скорости, например для $v = v_{50} = 50$ км/ч, при этом

$$E_{50} = (U_K - I r_d) \frac{v_{50}}{v}, \quad (\text{XIII-47})$$

где U_K — напряжение на зажимах двигателя, соответствующее его скоростной характеристике;

v — скорость по скоростной характеристике двигателя при токе I.

Графический расчет ступеней трансформатора при регулировании на стороне высшего напряжения и постоянных пределах колебания пускового тока приведен на рис. XIII-19.

Прямая $I r_d$ представляет собой характеристику U_K для двигателя при $v = 0$. Если прибавить к ординатам этой прямой полученные значения E_{50} , можно построить характеристику U_K для двигателя при $v = 50$ км/ч (на рис. XIII-19 она обозначена $E_{50} + I r_d$). Поделив несколько отрезков ординат, заключенных между кривой $E_{50} + I r_d$ и прямой $I r_d$, на равные части, можно построить семейство характеристик $U_K = E - I r_d$ для значений скорости 10, 20, 30, 40 км/ч. Отложив такие же отрезки вверх от кривой $E_{50} + I r_d$, можно получить характеристики для $v > 50$ км/ч. Как и для э. п. с. постоянного тока, находят значения $I_{\max}$ и $I_{\min}$.

Далее рассчитывают внешнюю характеристику преобразователя:

$$U_d = U_{d0} - \Delta U_B - \left(\lambda \frac{2}{\pi} X_T + R \right) I_d - \Delta U_P, \quad (\text{XIII-48})$$

где $X_T = \frac{u_{KH} U_{TH}}{100 I_{dH}}$ — индуктивное сопротивление трансформатора на высшей ступени регулирования;

U_{d0} — выпрямленное напряжение при холостом ходе;

ΔU_B — падение напряжения на выпрямительной установке;

ΔU_P — падение напряжения на сглаживающем реакторе;

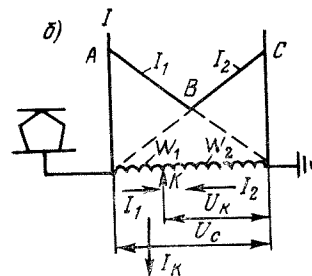


Рис. XIII-19. Графический расчет ступеней трансформатора при регулировании на стороне высшего напряжения

$$\lambda \frac{2}{\pi} X_T I_d \approx 0,7 X_T I_d$$

$$= 0,7 \frac{u_{KH} U_{TH}}{100 I_{dH}} I_d;$$

U_{TH} — номинальное напряжение первичной обмотки трансформатора;

u_{KH} — напряжение к. з. трансформатора, равное 10—12% при регулировании на стороне низшего напряжения и 12—14% — на стороне высшего напряжения для высшей ступени регулирования;

$R = \xi R_T K_{\phi}^2 + R_d K_{\phi}^2$ — общая приведенная величина активных сопротивлений без учета сопротивления обмоток тягового двигателя. Коэффициент ξ при $u_{KH} = 10 \div 15\%$ принимается 0,7; для применяемой степени сглаживания можно принять $\lambda = 1,11$, $K_{\phi}^2 = 0,95$ и $K_{\phi}^2 = 1,04$. Точки пересечения внешней характеристики с кривыми U_K при $v = \text{const}$ соответствуют скоростной характеристике двигателя для данной ступени напряжения выпрямителя U_{d0} . Переходу с одной ступени на другую (см. рис. XIII-19) соответствует не горизонтальная прямая (как на скоростных характеристиках), а кривая U_K при $v = \text{const}$. Например, если до перехода со ступени U_{d1} на ступень U_{d2} при токе $I_{\min}$ режим соответствовал точке A, то переход совершается по кривой U в точку B с возрастанием тока до $I_{\max}$.

Переход характеризуется отрезком прямой, параллельным отрезку ближайшей характеристики U_K , заключенному между $I_{\max}$ и $I_{\min}$. При построении переходных отрезков можно воспользоваться полюсом P, лежащим на продолжении прямой $I r_d$. Для его нахождения необходимо провести пямую через точки пересечения любой из характеристик U_K с предельными прямыми $I_{\max}$ и $I_{\min}$ (например, через точки C и D характеристики U_K при $v = 50$ км/ч) до пересечения с прямой $I r_d$. Продлив прямую PA до пересечения с линией $I_{\max}$, находят точку B, которая определяет очередную характеристику преобразователя U_{d2} .

При регулировании на стороне низшего напряжения необходимо учитывать (с некоторым приближением) изменение потери напряжения в трансформаторе при переключении его ступеней, которое вызывает изменение наклона характеристик преобразователя.

Графический расчет ступеней с учетом изменения потери выпрямленного напряжения ΔU_d приведен на рис. XIII-20. Предварительно строят кривую предполагаемого изменения $\Delta U_d = \left(\lambda \frac{2}{\pi} X_T + R \right) I_d + \Delta U_P$ при $I_d = I_{\min}$ в зависимости от напряжения холостого хода ступени регулирования. Ломаная линия 1-2-3 отражает зависимость $\Delta U_d (U_{d0})$ для встречно-согласного включения обмоток трансформатора, когда их активные и индуктивные сопротивления

в начале и конце регулирования почти равны, а на средней ступени в 2 раза меньше.

Если неизвестны активные сопротивления обмоток трансформатора, то при расчете характеристик $U_d (I_d)$ и $\Delta U_d (U_{d0})$ их можно ориентировочно принять равными $0,1 X_T$ для мостовой схемы выпрямления и $0,12 X_T$ для схемы с нулевым выводом.

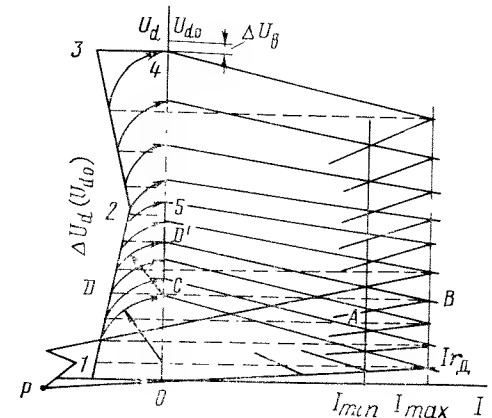


Рис. XIII-20. Графический расчет ступеней трансформатора при регулировании напряжения на вторичной стороне, встречно-согласном включении его обмоток и $I_d = \text{const}$

Активное сопротивление сглаживающего реактора приближенно принимается равным $(0,01 \div 0,012) X_d$, где $X_d = 0,66 \frac{U_{d0}}{K_{\phi} I_d}$ — индуктивное сопротивление цепи выпрямленного тока; K_{ϕ} — относительный коэффициент пульсации выпрямленного тока.

Для схем с регулированием без встречно-согласного включения обмоток трансформатора может быть принято изменение от 15—20% ΔU_d в начале регулирования до полной величины ΔU_d на высшей ступени по линейному закону.

После определения зависимости $\Delta U_d (U_{d0})$ рассчитывают по формуле (XIII-48) характеристику $U_d (I_d)$ для высшей ступени регулирования и наносят ее на диаграмму.

Затем определяют внешние характеристики преобразователя на всех ступенях и строят поверочную пусковую диаграмму. Для этого используют изложенный метод, но сначала наносят внешние характеристики преобразователя на всех ступенях, после чего по ним строят диаграмму пуска и находят действительные колебания тока. По точкам пересечения кривых $U_d (I_d)$ и $U_K (I)$ строят скоростные характеристики (а по ним и тяговые) для всех ступеней регулирования.

Расчет ступеней при $\Delta U_{d0} = \text{const}$ показан на рис. XIII-21. Начальные построения аналогичны предыдущим диаграммам. Полученные значения ΔU_{d0} на низших ступенях принимают для всех ступеней (до максимально допустимого напряжения тяговых двигателей). Кроме того, напряжения первой ступени U_{d0} делят на интервалы для получения маневровых ступеней

($M1, M2, \dots$). Напряжение 1-й маневровой ступени определяется из тех же положений, что и для э. п. с. постоянного тока.

Схемы плавного регулирования напряжения. Наиболее перспективным является плавное регулирование выпрямленного

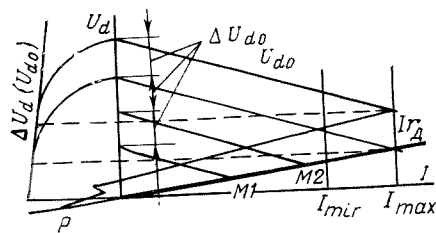


Рис. XIII-21. Графический расчет ступеней трансформатора при $\Delta U_{d0} = \text{const}$

напряжения управляемыми вентилями в системе выпрямителя (рис. XIII-22, а).

Выпрямленное напряжение тем меньше, чем больше угол регулирования α (рис. XIII-22, б и в) и при $\alpha = 90^\circ$ $U'_d = 0$. Изменяя угол α , можно обеспечить плавное бесступенчатое регулирование напряжения на тяговых двигателях. Однако при этом снижается коэффициент мощности электровоза.

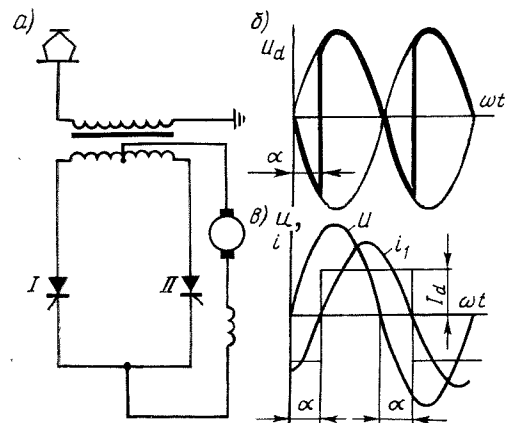


Рис. XIII-22. Плавное регулирование выпрямленного напряжения в схемах с нулевым выводом трансформатора

Поэтому практически применяется комбинированное регулирование напряжения: плавное (фазовое) регулирование осуществляется в пределах отдельных ступеней напряжения трансформатора.

Изменение коэффициента мощности при фазовом регулировании выпрямленного напряжения между равномерными ступенями трансформатора

$$X = \frac{2n-1+\cos\alpha}{\pi(\pi n^2-2n\alpha+\alpha)} \quad (\text{XIII-49})$$

Отношение текущего значения выпрямленного напряжения к наибольшей его величине

$$\frac{U'_d}{U_{d0}} = \frac{2n-1+\cos\alpha}{2N} \quad (\text{XIII-50})$$

где N — полное число ступеней регулирования;

n — порядковый номер ступени;

α — угол отпирания вентилей.

Характеристика U'_d/U_{d0} , получаемая из уравнений (XIII-49) и (XIII-50), справедлива для мгновенной коммутации, полного сглаживания выпрямленного тока и отсутствия активных потерь в преобразователе.

ХИИ-3. ИМПУЛЬСНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Широтно-импульсное регулирование напряжения. Принципиальная схема широтно-импульсного регулирования с поэтапной принудительной коммутацией силового тиристора $T1$ приведена на рис. XIII-23. Тяговый двигатель представлен в виде индуктивности L , активного сопротивления r_d и противо-э. д. с. E .

Для процесса перезаряда коммутирующего конденсатора ток тиристора $i_{T1} = i_1 + i_{C0}$. С окончанием перезаряда $i_{C0} = 0$. Когда тиристор $T2$ открыт, к главным электродам тиристора $T1$ приложено обратное напряжение (рис. XIII-23, з) и он запирается, а конденсатор C_K перезарядится током i_{C3} до напряжения $u_C \approx U_1$ с той же полярностью, какая была в начале процесса регулирования (рис. XIII-23, б).

Конечная полярность на конденсаторе C_K установится только после коммутации тока двигателя i на обратный диод BO , когда напряжение на конденсаторе будет $U_1 + \Delta U_{BO}$, где ΔU_{BO} — падение напряжения на вентиле BO при токе i .

Изменения токов и напряжения в цепи двигателей при установившемся режиме для малого (левая часть) и большого (правая часть) коэффициента заполнения импульсов $\lambda = \frac{t_1}{T}$ показаны на рис. XIII-24.

Ток в цепи двигателя в интервалы времени t_1 и t_2 изменяется по экспоненте, определяемой постоянной времени цепи.

При открытом тиристоре $T1$ напряжение на зажимах двигателя равно напряжению источника питания. В момент открытия тиристора $T2$ (в начале записания $T1$) напряжение конденсатора складывается с напряжением источника, в результате чего напряжение на зажимах двигателя $U = U_1 + U_{CK}$ (см. рис. XIII-23, з полярность конденсатора H).

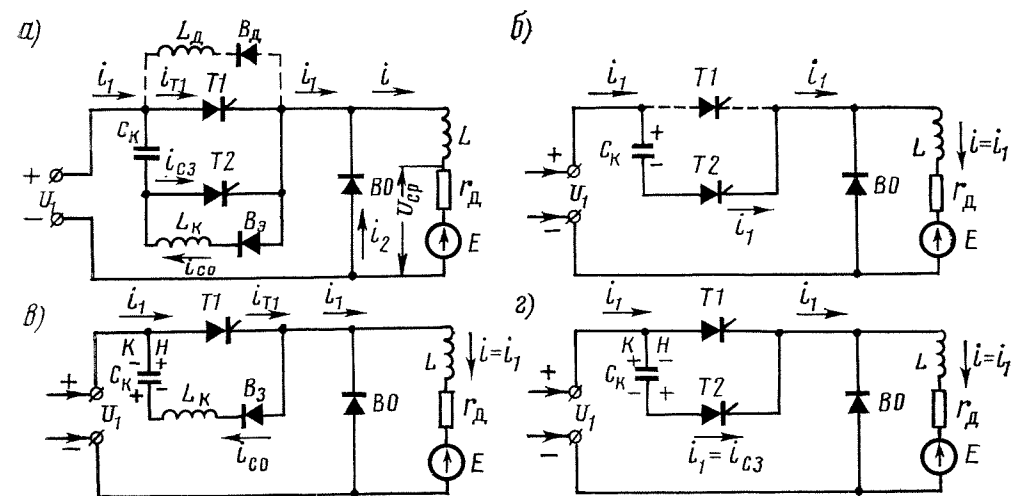


Рис. XIII-23. Принципиальная схема широтно-импульсного регулирования напряжения: U_1 — напряжение источника питания (сети); i — текущее значение тока двигателя; i_1 — текущее значение тока, поступающего от источника питания; i_2 — текущее значение тока, протекающего через обратный вентиль BO ; i_{C0} — ток перезаряда конденсатора при отпирании тиристора $T1$; i_{C3} — ток перезаряда конденсатора при запираании тиристора $T1$

Установившееся среднее напряжение на зажимах двигателя для любого коэффициента заполнения

$$U_{cp} = E + r_d I,$$

где

$$I = \frac{I_{max} + I_{min}}{2}.$$

Это напряжение меньше полного напряжения на величину э. д. с. самоиндук-

ции в обмотках возбуждения тягового двигателя, т. е.

$$U_1 = U_{cp} + L \frac{di}{dt}.$$

При изменении λ от нуля до единицы возрастает напряжение на двигателе от $U_{cp} = r_d I$ до $U_{cp} = U_1$ и соответственно ток сети от $I_1 = \frac{r_d I^2}{U_1}$ до $I_1 = I$.

Условия отпирания и запираания тиристора $T1$. Время

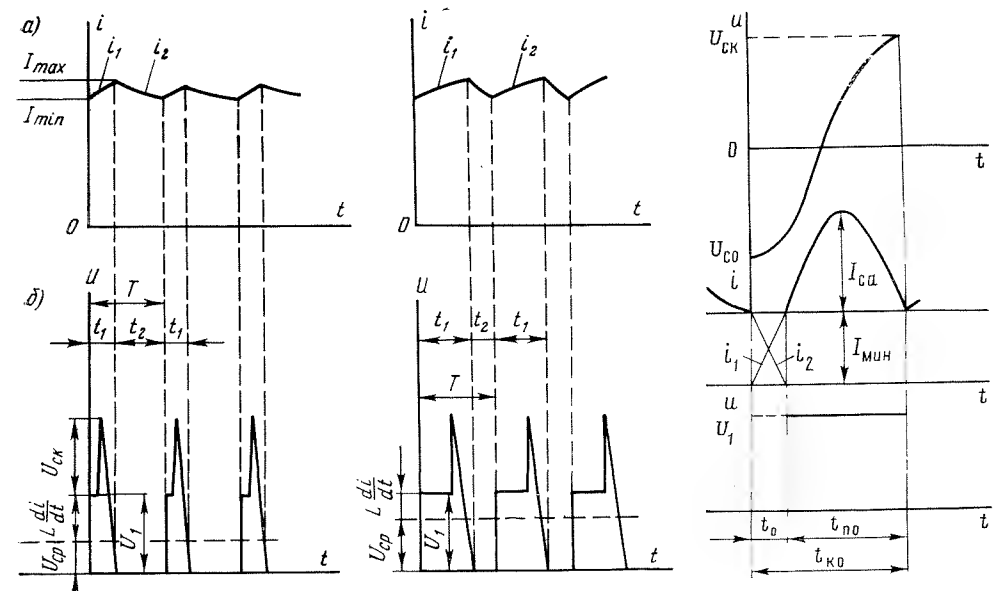


Рис. XIII-24. Кривые изменения токов и напряжения в цепи нагрузки при малом (а) и большом (б) коэффициенте заполнения: t_1 и t_2 — длительность открытого и закрытого состояния тиристора $T1$; T — период регулирования

Рис. XIII-25. Диаграмма отпирания главного тиристора

от момента отпирания тиристора $T1$ до момента, соответствующего току $I_{\min}$, составляет $t_0 = \frac{I_{\min}}{a}$, где $a = \frac{di}{dt}$ — допустимая скорость нарастания тока.

За это же время t_0 ток через диод BO уменьшается от $i_2 = I_{\min}$ до $i_2 = 0$ (рис. XIII-25).

После окончания коммутации тока с вентиля BO на тиристор $T1$ (момент t_0) начинается перезаряд конденсатора C_K

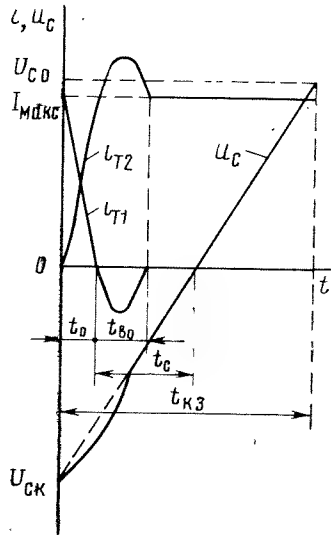


Рис. XIII-26. Диаграмма записания главного тиристора

с напряжения $U_{C0} = U_1$ до напряжения U_{CK} . В процессе перезаряда ток растет, достигая максимума I_{Ca} , затем падает до нуля.

Полное время процесса отпирания $t_{\text{но}} = t_0 + t_{\text{по}}$, (XIII-51)

где $t_{\text{по}}$ — время перезаряда конденсатора C_K , равное полупериоду $T_{\text{по}}$ собственной частоты колебаний контура $L_K C_K$,

$$t_{\text{по}} = \frac{T_{\text{по}}}{2} = \pi \sqrt{L_K C_K}. \quad (\text{XIII-52})$$

При синусоидальном изменении тока за время $t_{\text{по}}$ амплитудное значение тока конденсатора

$$I_{Ca} = \pi \frac{C_K}{t_{\text{по}}} U_1 = U_1 \sqrt{\frac{C_K}{L_K}}; \quad (\text{XIII-53})$$

$$\frac{L_K}{C_K} = \left(\frac{U_1}{I_{Ca}} \right)^2;$$

$$t_{\text{но}} = t_0 + t_{\text{по}} = \frac{I_{\min}}{a} + \pi \sqrt{L_K C_K}. \quad (\text{XIII-54})$$

Процесс запираания заканчивается за время t_b после восстановления запирающей способности тиристора. Для этого выбирают

интервал времени $t_c > t_b$, где t_c — интервал времени от первого перехода тока через нуль до перехода напряжения конденсатора U_C через нуль (рис. XIII-26).

Для современных тиристорных $t_b = 30 \div 60$ мкс. Интервал t_c определяется параметрами схемы. Общее время коммутации в процессе запираания и перезаряда C_K от напряжения U_{CK} до U_{C0}

$$t_{K3} = t_0 + t_c + \frac{U_1}{I} C_K. \quad (\text{XIII-55})$$

Выбор параметров колебательного контура. Величина коммутающей емкости

$$C_K \geq \frac{I_{\max}}{U_{CK}} (t_0 + t_c), \quad (\text{XIII-56})$$

где

$$t_0 = \frac{I_{\max}}{a}.$$

Время запираания, определяемое параметрами схемы,

$$t_c = \kappa_3 t_b, \quad (\text{XIII-57})$$

где κ_3 — коэффициент запаса, учитывающий возможные отклонения $I_{\max}$ и U_{CK} в динамических режимах от статических значений.

Тогда

$$C_K \geq \frac{I_{\max}}{U_{CK}} \left(\frac{I_{\max}}{a} + \kappa_3 t_b \right). \quad (\text{XIII-58})$$

Ток $I_{\max}$ должен соответствовать наибольшему значению пускового тока импульсного регулирования, а U_{CK} — наименьшему начальному напряжению конденсатора в режиме коммутации запираания. Без учета затухания в процессе перезаряда можно принять $U_{CK} = U_{\min}$, где $U_{\min}$ — минимальное напряжение источника питания. В случае значительного затухания в процессе отпирания можно считать

$$U_{CK} = U_{\min} e^{-\alpha_K t_{\text{п}}},$$

где

$$\alpha_K = \frac{r_K}{2L_K} \text{ и } t_{\text{п}} = \kappa_r \pi \sqrt{L_K C_K};$$

r_K — омическое сопротивление колебательного контура, определяемое прямыми сопротивлениями вентиля и катушек индуктивности;

$$\kappa_r = \frac{1}{\sqrt{1 - \alpha_K^2 L_K C_K}}.$$

Для обеспечения надежной работы тиристорных необходимо, чтобы полученное значение C_K обеспечивало скорость нарастания напряжения конденсатора в интервале $t_c < t < t_{K3}$ не выше определенной величины b , т. е.

$$C_K \geq \frac{I_{\max}}{b}. \quad (\text{XIII-59})$$

Из двух значений C_K , полученных по выражениям (XIII-58) и (XIII-59), принимается наибольшее. Значение L_K при выбранной величине C_K и принятом τ оке I_{Ca} находят по уравнению (XIII-53).

Массу и размеры конденсатора C_K определяют с учетом его напряжения, частоты коммутационного перезаряда $f = \frac{1}{T_{\text{п}}}$ и мощности

$$P = 2\pi f C U^2 \text{ квар.}$$

Массу и габариты катушек индуктивности рассчитывают с учетом их тепловых режимов.

Тиристоры $T1$ и $T2$ (см. рис. XIII-23) рассчитывают на обратное напряжение U_{T1} и U_{T2} , равное максимальному значению U_1 , а обратные диоды BO — на $2 U_1$.

Выбор частоты регулирования. Для открытого тиристора $T1$ в интервале t_1

$$L \frac{di}{dt} + r_d i = U_1 - E \quad (\text{XIII-60})$$

и его решение

$$I_{\max} = (I_{\min} - I_{y1}) e^{-\frac{t_1}{\tau}} + I_{y1}; \quad (\text{XIII-61})$$

для закрытого тиристора в интервале t_2

$$L \frac{di}{dt} + r_d i = -E \quad (\text{XIII-62})$$

и его решение

$$I_{\min} = (I_{\max} - I_{y2}) e^{-\frac{t_2}{\tau}} + I_{y2}, \quad (\text{XIII-63})$$

где

$$L = L_s + L_d;$$

L_d — индуктивность обмотки якоря, добавочных полюсов, компенсационной обмотки двигателя;

L_s — индуктивность рассеяния обмотки возбуждения двигателя;

$$I_{y1} = \frac{U_1 - E}{r_d}; \quad I_{y2} = -\frac{E}{r_d};$$

$$\tau = \frac{L}{r_d} \text{ — постоянная времени.}$$

Величина колебаний тока

$$\Delta I = I_{\max} - I_{\min} = \frac{E}{r_d} \times \frac{\left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}\right) \left(1 - e^{-\frac{t_2}{\tau}}\right)}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} \quad (\text{XIII-64})$$

или

$$\Delta I = \frac{E}{r_d} \frac{\left(1 - e^{-\frac{\lambda T}{\tau}}\right) \left[1 - e^{-\frac{(1-\lambda) T}{\tau}}\right]}{1 - e^{-T/\tau}}. \quad (\text{XIII-65})$$

Коэффициент заполнения λ связан линейной зависимостью со скоростью в процессе пуска при постоянном магнитном потоке

$$\lambda = \frac{U_{\text{ср}}}{U_1} = \frac{E + r_d I}{U_1} = \frac{c \Phi + r_d I}{U_1}. \quad (\text{XIII-66})$$

Поэтому величина ΔI в уравнениях (XIII-64) и (XIII-65) будет определяться скоростью v при заданной частоте регулирования $f = 1/T$.

Значение ΔI дважды обращается в нуль: при $t_1 = 0$ ($\lambda = 0$) и при $t_2 = 0$ ($\lambda = 1$). Эти границы определяют теоретические границы импульсного регулирования в пусковом режиме и соответствуют $di/dt = 0$. Следовательно, для равенства (XIII-60) будем иметь:

$$\left. \begin{aligned} E &= c \Phi v_{\max} = U_1 - r_d I; \\ v_{\max} &= \frac{U_1 - r_d I}{c \Phi} \end{aligned} \right\} \quad (\text{XIII-67})$$

и для равенства (XIII-62)

$$\left. \begin{aligned} E &= c \Phi v_{\min} = -r_d I; \\ v_{\min} &= -\frac{r_d I}{c \Phi} \end{aligned} \right\} \quad (\text{XIII-68})$$

Максимальное значение $\Delta I_{\max}$ можно определить из уравнения

$$\frac{d(\Delta I)}{d\lambda} = \frac{T}{L} (1 - 2\lambda) U_1 = 0.$$

Это равенство удовлетворяется при $\lambda = 0,5$ и

$$\Delta I_{\max} = \frac{T U_1}{4L} = \frac{U_1}{4L f}; \quad (\text{XIII-69})$$

$$f_{\max} = \frac{U_1}{4L \Delta I}. \quad (\text{XIII-70})$$

Максимальная частота регулирования ограничена в зоне средней и нулевой скорости временем отпирания и запираания тиристора $T1$, а также нагрузкой на коммутающие элементы схемы. Первое ограничение наступает при $\lambda = 0,5$, когда имеем наибольшее $\Delta I_{\max} = I_{\max} - I_{\min}$. Так как процессы отпирания и запираания тиристора $T1$ завершаются в пределах интервала t_1 , то необходимое минимальное время

$$t_{1 \min} = t_{\text{но}} + t_{K3 \max}.$$

Величины $t_{\text{но}}$ и $t_{K3 \max}$ определяют из выражений (XIII-54) и (XIII-55). При этом $t_{K3 \max}$ должно быть принято наибольшим (при выбранной емкости C_K оно должно соответствовать наименьшему току $I_{\max}$ и наибольшему напряжению $U_{\max}$). При $\lambda = 0,5$ получим $t_1 = t_2$ или $t = T/2$ и лимитирующее значение периода регулирования

$$T_{\text{лп}} \min \geq 2 t_{1 \max} = 2 (t_{\text{но}} + t_{K3 \max}),$$

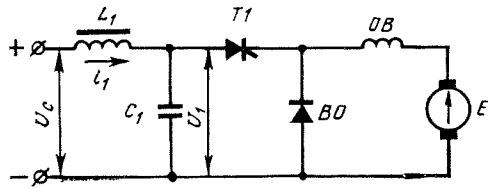


Рис. XIII-27. Упрощенная схема широтно-импульсного регулирования напряжения при питании двигателей от контактной сети

Лимитирующая частота регулирования

$$f_{\text{ли max}} \leq \frac{1}{2(t_{\text{ко}} + t_{\text{кз max}})} \quad (\text{XIII-71})$$

Второе ограничение частоты определяется режимом трогания ($v = 0$), когда минимальное среднее напряжение должно уравнивать только падение напряжения в обмотках двигателя. Если процесс записания начинается непосредственно после окончания процесса отпирания (см. рис. XIII-25 и XIII-26), то

$$U_{\text{ср. min}} = \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{кз max}}}{T} U_1 = r_{\text{д}} I_{\text{н}},$$

где $I_{\text{н}}$ — начальный ток импульсного регулирования.

Минимальное значение периода, при котором может начаться импульсное регулирование,

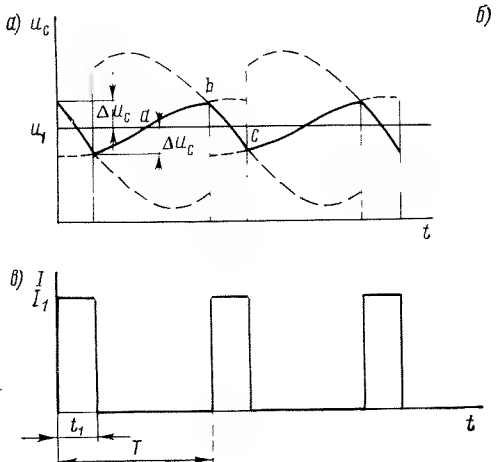
$$T_{\text{л2 min}} = \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{кз max}}}{r_{\text{д}} I_{\text{н}}} U_1,$$

а максимальное значение частоты

$$f_{\text{л2 max}} \leq \frac{r_{\text{д}} I_{\text{н}}}{(t_{\text{п}} + t_{\text{кз max}}) U_1} \quad (\text{XIII-72})$$

Обычно $f_{\text{л2 max}} < f_{\text{ли max}}$ и выбор частоты определяется уравнением (XVIII-72). Но если для всего диапазона регулирования принята постоянная частота $f_{\text{л2 max}}$, то могут возникнуть при $\lambda = 0,5$ колебания ΔU_{max} чрезмерной величины.

Для обеспечения нормальной работы системы импульсного регулирования, а так-



же для ограничения пульсаций тока и напряжения между контактной сетью и регулируемой цепью включается буферное устройство в виде фильтра $L_1 C_1$ (рис. XIII-27).

Работа фильтра описывается гармоническими функциями $u_c(t)$ и $i_1(t)$ с частотой

$$f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_1}}, \quad (\text{XIII-73})$$

которая принимается во избежание резонанса значительно меньшей частоты f импульсного регулирования.

При $f_1 \ll f = \frac{1}{T}$ в пределах каждого интервала отпирания и запираания тиристора $T1$ с небольшими погрешностями заменяют гармоническую функцию $u_c(t)$ (рис. XIII-28, а) прямолинейной и принимают ток через тиристорный преобразователь в интервале t_1 (рис. XIII-28, б) постоянным. Среднее напряжение на двигателе $U_{\text{ср}}$ при напряжении сети U_c :

$$U_{\text{ср}} = \frac{t_1}{T} U_c = \lambda U_c; \quad (\text{XIII-74})$$

$$I_1 = \lambda I.$$

Полное изменение напряжения на конденсаторе C_1 (когда тиристор $T1$ закрыт и средний ток сети равен среднему току заряда конденсатора)

$$2\Delta U_c = \frac{I_1(T - t_1)}{C_1}; \quad (\text{XIII-75})$$

$$2\Delta U_c = \frac{\lambda I(T - t_1)}{C_1} = \frac{IT}{C_1} (\lambda - \lambda^2). \quad (\text{XIII-76})$$

Из равенства

$$2 \frac{d\Delta U_c}{d\lambda} = \frac{IT}{C_1} (1 - 2\lambda) = 0$$

находим $\lambda = 0,5$ и

$$\Delta U_{\text{с max}} = \frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{f_1^2}{f} L_1 I \approx 5 \frac{f_1^2}{f} L_1 I. \quad (\text{XIII-77})$$

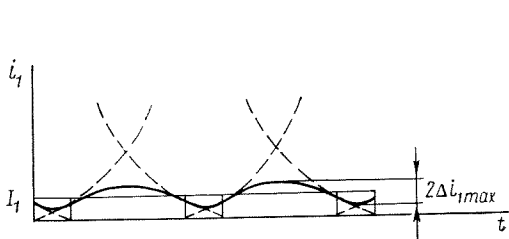


Рис. XIII-28. Диаграмма напряжений и токов при широтно-импульсном регулировании и питании двигателей от контактной сети

Величина пульсаций тока (рис. XIII-28, б) определяется как

$$2\Delta i_1 = \frac{2\Delta U_c}{L_1(T - t_1)} \int_0^{T-t_1} t dt + \frac{\Delta U_c}{L_1} \int_0^{t_1} t dt - \frac{2\Delta U_c}{L_1 t_1} \int_0^{t_1} t dt = \frac{\Delta U_c}{L_1} \cdot \frac{T}{4}, \quad (\text{XIII-78})$$

откуда

$$\frac{\Delta i_1}{\Delta U_c} = \frac{T}{8L_1} = \frac{1}{8fL_1}. \quad (\text{XIII-79})$$

Максимальное значение $\Delta i_{1\text{max}}$ будет соответствовать $\Delta U_{\text{с max}}$ при $\lambda = 0,5$, т. е.

$$2\Delta i_{1\text{max}} = \frac{T^2 I}{32C_1 L_1} = \frac{\pi^2}{8} \left(\frac{f_1}{f} \right)^2 I. \quad (\text{XIII-80})$$

Относительная величина пульсаций

$$\Delta i_{1\text{max}} = \frac{\Delta i_{1\text{max}}}{I} \cdot 100 = 6,25\pi^2 \left(\frac{f_1}{f} \right)^2 \% \quad (\text{XIII-81})$$

Для уменьшения $\Delta i_{1\text{max}}$ и $\Delta U_{\text{с max}}$ необходимо уменьшить отношение f_1/f .

При заданной величине относительной пульсации тока, определяемой требованиями к режиму работы тяговой сети, собственная частота фильтра

$$f_1 \leq \frac{1}{2,5\pi} \sqrt{\Delta i_{1\text{max}}}. \quad (\text{XIII-82})$$

Минимальная емкость согласно равенству (XIII-80)

$$C_1 \geq \frac{I_{\text{max}}}{8f\Delta U_{\text{с max}}}. \quad (\text{XIII-83})$$

Минимальная индуктивность

$$L_1 \geq \frac{2}{4\pi^2 f_1^2 C_1} = \frac{1,56}{f^2 C_1 \Delta i_{1\text{max}}}. \quad (\text{XIII-84})$$

Частотно-импульсное регулирование напряжения. Принципиальная схема частотно-импульсного регулирования приведена на рис. XIII-29. Кривые тока тиристора i_T (рис. XIII-30) и напряжения $u_0 = U - u_c$ построены при следующих допущениях: напряжение на тяговых двигателях $U = \text{const}$; напряжение на конденсаторе фильтра $U_{C1} \approx U_c$; ток двигателя $I = \text{const}$.

Величина напряжения на двигателе определяется средним значением

$$U_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T (U_1 - u_c) dt = \frac{1}{T} \int_0^T u_2 dt.$$

Для компенсации разности напряжений $u_2 = U$ включен сглаживающий дроссель L_d (см. рис. XIII-29).

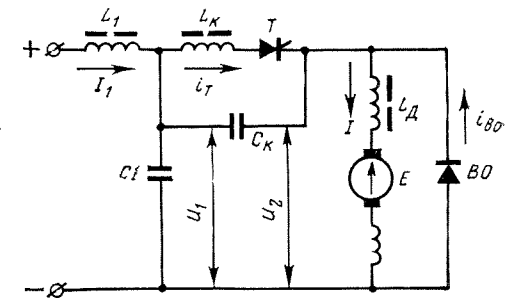


Рис. XIII-29. Упрощенная схема частотно-импульсного регулирования напряжения

Перезаряд конденсатора C_K осуществляется постоянным током двигателя после запираания тиристора. Изменение коэффициента заполнения обеспечивается изменением периода T или частоты регулирования f . Работа системы в отдельные интервалы характеризуется диаграммой рис. XIII-30 и данными табл. XIII-8. По данным табл. XIII-8

$$T = \frac{1}{f} = t_7 - t_1 + \Delta t = \frac{L_K I}{U_1} + \sqrt{L_K C_K} \times \left[\pi + \arcsin \left(\frac{I}{U_1} \sqrt{\frac{L_K}{C_K}} \right) \right] + \frac{C_K U_1}{I} + \sqrt{\left(\frac{C_K U_1}{I} \right)^2 - L_K C_K} + \Delta t, \quad (\text{XIII-85})$$

где

$$\Delta t = t_8 - t_7.$$

Длительность импульсов тока i_T

$$t_5 - t_1 = L_K \frac{I}{U_1} + \sqrt{L_K C_K} \times \left(\pi + \arcsin \frac{I}{U_1} \sqrt{\frac{L_K}{C_K}} \right). \quad (\text{XIII-86})$$

Схемное время запираания тиристора

$$t_c = t_6 - t_5 = \sqrt{\frac{C_K^2 U_1^2}{I^2} - L_K C_K}. \quad (\text{XIII-87})$$

Величина рабочего интервала $t_7 - t_1$ согласно уравнению (XIII-85) определяется параметрами схемы коммутации L_K, C_K , напряжением сети $U_c \approx U_1$ и током I .

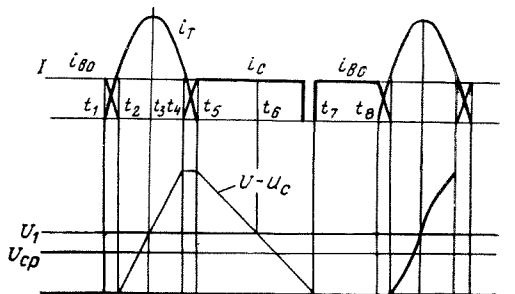


Рис. XIII-30. Диаграмма токов и напряжений при частотно-импульсном регулировании

Таблица XIII-8

Уравнения, характеризующие работу системы частотно-импульсного регулирования напряжения

Интервалы времени	Конец интервала	Уравнения для переменных величин	Выражения для конечных значений времени
$t_1 < t < t_2$	—	$i_T = \frac{U_1}{L_K} (t - t_1)$	—
—	$t = t_2$	$i_T = I, i_C = 0, u_C = U_1$	$t_2 = \frac{IL_K}{U_1} + t_1$
$t_2 < t < t_3$	—	$i_T = I \left(1 + \frac{U_1}{I} \sqrt{\frac{C_K}{L_K}} \cdot \sin \frac{t_1 - t_2}{L_K C_K} \right),$ $u_C = U_1 \cos \frac{t - t_2}{\sqrt{L_K C_K}}$	—
—	$t = t_3$	$i_C = i_T - I = i_{C \max}, u_C = 0$	$t_3 = \frac{\pi}{2} \sqrt{L_K C_K} + t_2$
$t_3 < t < t_4$	—	Уравнения те же, что и для интервала $t_2 < t < t_3$	—
—	$t = t_4$	$i_T = I, i_C = 0, u_C = -U_1$	$t_4 = \frac{\pi}{2} \sqrt{L_K C_K} + t_3$
$t_4 < t < t_5$	—	Уравнения те же, что и для интервала $t_3 < t < t_4$	—
—	$t = t_5$	$i_T = 0, i_C = -I, u_C = -U_1 \sqrt{1 - \frac{L_K I^2}{C_K U_1^2}}$	$t_5 = \sqrt{L_K C_K} \left[\pi + \arcsin \times \right.$ $\left. \times \left(\frac{I}{U_1} \sqrt{\frac{L_K}{C_K}} \right) \right] + t_4$
$t_5 < t < t_6$	—	$u_C = -U_1 \sqrt{1 - \frac{L_K I^2}{C_K U_1^2}} + I \frac{t - t_5}{C_K}$ $u_C = 0$	—
—	$t = t_6$	—	$t_6 = \sqrt{\frac{C_K U_1^2}{I^2} - L_K C_K} + t_5$
$t_6 < t < t_7$	—	Уравнения те же, что и для интервала $t_5 < t < t_6$	—
—	$t = t_7$	$u_C = U_1$	$t_7 = C_K \frac{U_1}{I} (1 + \sqrt{1 - \frac{L_K I^2}{C_K U_1^2}}) + t_6$

С изменением U_1 пропорционально изменяются u_C и U_{cp} , а при изменении тока I меняется ширина импульсов (с уменьшением тока увеличивается интервал $t_7 - t_1$). При этом необходимо выполнение неравенства

$$T_{\min} - (t_7 - t_1) > \Delta t, \quad (\text{XIII-88})$$

где Δt — время запыа между двумя последовательными периодами, которое выбирают исходя из возможности изменения λ при колебаниях напряжения сети.

Максимальная частота регулирования $f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}}$. Не учитывая потери

на преобразование, средние значения напряжения двигателя и тока, поступающего из сети, определяют как

$$U_{cp} = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_7} (U_1 - u_C) dt = \frac{U_1}{T} T_0 = I U_1 T_0, \quad (\text{XIII-89})$$

$$I_1 = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_5} i_T dt = \frac{I}{T} T_0 = I T_0, \quad (\text{XIII-90})$$

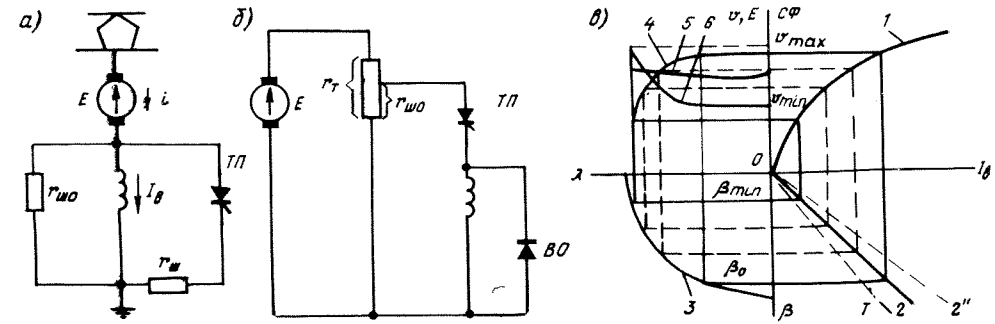


Рис. XIII-31. Схемы включения тиристорного преобразователя при импульсном регулировании возбуждения тяговых двигателей в режиме тяги (а) и в режиме реостатного торможения (б), а также характеристики реостатного торможения (в)

где T_0 — постоянная, зависящая от U_1, I, L_K и C_K и равная условному периоду регулирования при $U = U_1$ и $I = I_1$.

Импульсное регулирование возбуждения тяговых двигателей. Тиристорный преобразователь $T\Pi$ включается параллельно обмотке возбуждения в тяговом режиме (рис. XIII-31, а) и последовательно с ней в режиме реостатного торможения (рис. XIII-31, б).

При достаточно большой частоте регулирования f для определенного коэффициента ослабления возбуждения β можно принять ток возбуждения I_B постоянным и пренебречь индуктивностью шунтирующей цепи. Тогда при постоянном пусковом токе I для каждого значения $U_{в.ср}$ и λ ток шунтирующей цепи

$$I_{ш} = I - I_B = \text{const.}$$

В интервале импульса среднее напряжение цепи возбуждения равно сумме падений напряжения шунтирующей цепи при сопротивлении $r'_{ш} = \frac{r_{ш} r_{шо}}{r_{ш} + r_{шо}}$, а

$$U_{в.ср} = r_B I_B (I - I_B) [r'_{ш} \lambda + r_{шо} (1 - \lambda)] = (I - I_B) r_{шэ}, \quad (\text{XIII-91})$$

где $r_{шэ} = r'_{ш} \lambda + r_{шо} (1 - \lambda)$ — эквивалентное сопротивление, которое за период регулирования T обеспечивает падение напряжения $U_{в.ср}$.

Наибольший коэффициент регулирования возбуждения при полностью закрытом тиристоре $T\Pi$ ($\lambda = 0$):

$$\beta_0 = \frac{r_{шо}}{r_B + r_{шо}}. \quad (\text{XIII-92})$$

Отсюда

$$r_B = \frac{1 - \beta_0}{\beta_0} r_{шо}. \quad (\text{XIII-93})$$

Коэффициент заполнения

$$\lambda = K \frac{\beta_0 - \beta}{\beta_0 (1 - \beta)}, \quad (\text{XIII-94})$$

где $K = 1 + \frac{r_{ш}}{r_{шо}}$.

Текущее значение коэффициента регулирования возбуждения

$$\beta = \beta_0 \frac{K - \lambda}{K - \lambda \beta_0}. \quad (\text{XIII-95})$$

Коэффициент заполнения $\lambda = 0$ при $\beta = \beta_0$, а при $\beta = \beta_{\min}$

$$\lambda = K \frac{\beta_0 - \beta_{\min}}{\beta_0 (1 - \beta_{\min})}. \quad (\text{XIII-96})$$

При известной зависимости $\beta(\lambda)$ и выбранном β_0 уравнение для цепи якорей двигателей будет иметь вид:

$$r_{я} I + (I - I_B) r_{шэ}(\lambda) = U_c - c\Phi = U_c - E. \quad (\text{XIII-97})$$

Э. д. с. двигателя

$$E = c\Phi = U_c -$$

$$- \left[r_{я} + \frac{r_{шэ}(\lambda) r_B}{r_{шэ}(\lambda) + r_B} \right] I. \quad (\text{XIII-98})$$

Из уравнений (XIII-95) и (XIII-98) определяют скорость движения v в процессе пуска для любого λ и β . При этом наиболее удобно пользоваться графическим построением (рис. XIII-31, в). В правом квадранте построена нагрузочная характеристика $c\Phi(I_B)$ для выбранного значения пускового тока I (кривая 1). Зависимость $\beta(I_B)$ при $I = \text{const}$ представлена прямыми 2 и 2'' (прямая 2 — для меньшего, 2'' — для большего пускового тока). По уравнению (XIII-95) построена зависимость $\beta(\lambda)$ — кривая 3. С использованием кривых 1, 3 и прямой 2 построена зависимость $c\Phi(\lambda)$ — кривая 4. По выражению (XIII-98) получена зависимость $E(\lambda)$ — кривая 5. Деля ординаты этой кривой на ординаты кривой 4, получим $v = \frac{E}{c\Phi}$ и $v(\lambda)$ — кривую 6.

Зависимость $\beta(\lambda)$ для схемы рис. XIII-31, б

$$\beta = \frac{\lambda}{\lambda + \frac{r_B}{r_{шо}}} = \beta_0 \frac{\lambda}{\beta_0 (\lambda - 1) + 1}. \quad (\text{XIII-99})$$

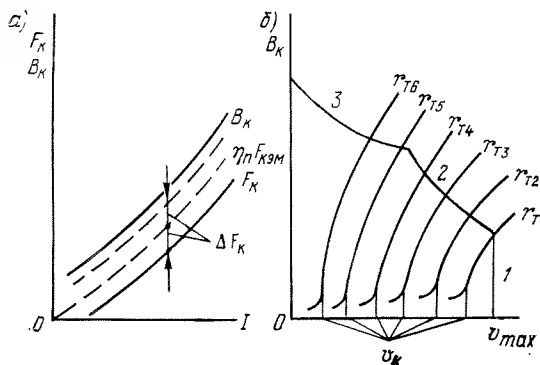


Рис. XIII-32. Тормозные характеристики двигателя последовательного возбуждения

Здесь коэффициент β будет увеличиваться при возрастании λ .

Для статического режима

$$E = c\Phi = [r_{\Sigma} + r_T + r_{\text{ш}}(1 - \lambda\beta)] I. \quad (\text{XIII-100})$$

Величина β_0 при реостатном торможении обычно ограничена допустимым максимальным током обмотки возбуждения. Используя уравнения (XIII-99) и (XIII-100), можно построить характеристики реостатного торможения (см. рис. XIII-31, а).

Расчет колебаний тока в цепи якорей тяговых двигателей. При принятых допущениях о постоянстве магнитного потока в стали и тока I_B для каждого значения λ можно для схемы рис. XIII-31, а записать следующие уравнения:

для интервала t_1

$$L_{\Sigma} \frac{dI}{dt_1} + I(1 - \beta) r'_{\text{ш}} = U_c - E - r_{\Sigma} I; \quad (\text{XIII-101})$$

для интервала t_2

$$L_{\Sigma} \frac{dI}{dt_2} + I(1 - \beta) r_{\text{ш}} = U_c - E - r_{\Sigma} I, \quad (\text{XIII-102})$$

где I — средний ток якоря.

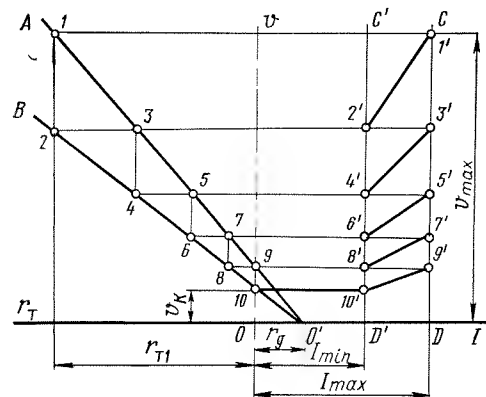


Рис. XIII-33. Графический расчет ступеней тормозных реостатов

Колебания тока:

$$\Delta I = \frac{TK_1 I}{L_{\Sigma}} \lambda (\lambda - 1). \quad (\text{XIII-103})$$

Максимальную величину ΔI_{max} находят из выражения

$$\frac{d}{d\lambda} (\Delta I) = \frac{TK_1 I}{L_{\Sigma}} (1 - 2\lambda) = 0. \quad (\text{XIII-104})$$

Полученное уравнение удовлетворяется при $\lambda = 0,5$. Следовательно, из выражения (XIII-103) при $\lambda = 0,5$

$$\Delta I_{\text{max}} = \frac{TK_1 I}{4L_{\Sigma}} = \frac{K_1 I}{4fL_{\Sigma}}. \quad (\text{XIII-105})$$

Значение ΔI_{max} снижается с увеличением f и L_{Σ} , а также с уменьшением K_1 ($r_{\text{ш}0}$).

XIII-4. РЕОСТАТНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

Формулы для определения тормозной силы, коэффициента жесткости тормозных характеристик приведены в главе II.

Расчет ступеней тормозных реостатов при последовательном возбуждении двигателей. Метод расчета сопротивления ступеней зависит от области применения реостатного торможения. При осуществлении торможения только на спусках задают в зависимости от величины уклона значения тормозной силы B_K и скорости v . По заданному значению B_K и кривой $B_K(I)$ находят ток двигателя I , а по нагрузочной характеристике — величину $c\Phi$ (рис. XIII-32). При данной скорости определяют тормозное сопротивление

$$r_T = \frac{c\Phi v}{I} - r_{\Sigma}. \quad (\text{XIII-106})$$

Заданным значениям B_K и v соответствует определенная величина r_T , отвечающая движению с постоянной скоростью на спуске. Чем больше крутизна спуска, тем больше

B_K и I , тем меньше $\frac{c\Phi}{I}$ и сопротивление r_T . Для полученных r_T на различных спусках по выражению (II-14) строят кривые $v(I)$, число которых зависит от принятого диапазона регулирования скорости, допустимых колебаний тормозной силы и тока при переходах с одной ступени на другую.

При расчете тормозных ступеней сопротивления обычно относят к одной тяговой машине. Затем в зависимости от количества тяговых машин и вида их соединения рассчитывают общее сопротивление.

В случае применения реостатного торможения до остановки выбирают пределы колебания тормозного тока, откладывают значения I_{max} и I_{min} в правой части графика (рис. XIII-33), а в левой строят две прямые $O'A$ и $O'B$, соответствующие уравнениям

$$r_T = \frac{c\Phi_{\text{max}} v}{I_{\text{max}}} - r_{\Sigma}; \quad (\text{XIII-107})$$

$$r_T = \frac{c\Phi_{\text{min}} v}{I_{\text{min}}} - r_{\Sigma}. \quad (\text{XIII-108})$$

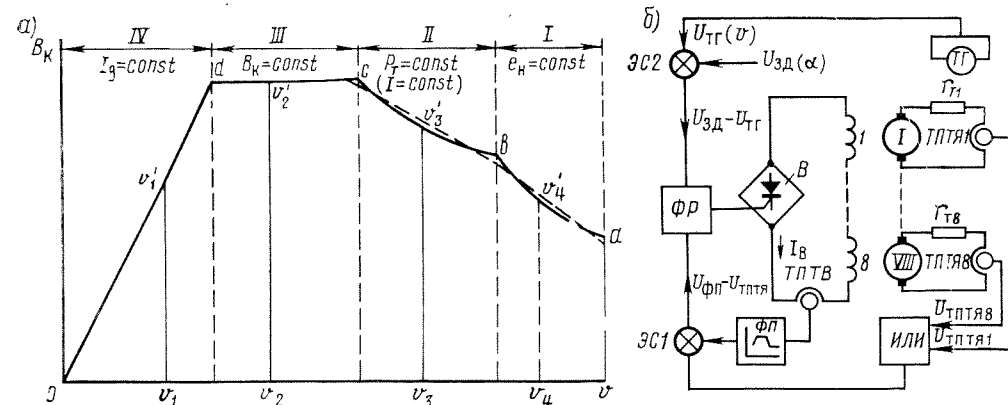


Рис. XIII-34. Схема реостатного торможения с автоматическим регулированием тормозного режима

Величины $c\Phi_{\text{max}}$ и $c\Phi_{\text{min}}$ берут по нагрузочным характеристикам при токах I_{max} и I_{min} . В масштабе по оси ординат откладывают значение v_{max} , равное конструктивной скорости, и проводят линию AC , параллельную оси абсцисс, до пересечения с линиями $O'A$, $C'D'$ и CD .

Пусть точка 1 лежит на пересечении прямых v_{max} и $r_T(v)$, соответствующей максимальному тормозному току, а абсцисса этой точки (сопротивление r_{T1}) соответствует 1-й позиции реостата, обеспечивающей торможение с максимальной скорости v_{max} . По мере снижения скорости ток уменьшается и в точке 2' достигает I_{min} . В этот момент увеличивают ток до I_{max} выключением из цепи сопротивления, соответствующего отрезку 2—3. Повторение этого построения дает в выбранном масштабе изменение тормозного сопротивления в зависимости от скорости ступенями, изображенными отрезками 2—3, 4—5, 6—7, 8—9. Изменение тормозного тока на диаграмме изображается ломаной линией 1'—2'—3'—4' и т. д.

Аналогично можно рассчитывать ступени тормозных реостатов и при независимом или смешанном возбуждении тяговых двигателей. В этом случае зависимость $r_T(v)$ строят по выражению

$$v_{\text{max}} = \frac{U_{\Sigma \text{max}} + I r_{\Sigma}}{c\Phi}, \quad (\text{XIII-109})$$

где

$$U_{\Sigma \text{max}} = r_T I,$$

а значение $c\Phi$ определяют по кривой намагничивания в зависимости от тока возбуждения I_B .

Реостатное торможение с автоматическим регулированием по заданным ограничениям тормозного режима в процессе замедления и стабилизации скорости на спуске. Подобная система автоматического регулирования применена на электровозах ВЛ80^т. Процесс регулирования реостатного торможения пояснен приведенной на рис. XIII-34, а диаграммой.

Снижение скорости осуществляется по линии $abcd$, а примерно постоянное под-

держание скорости на спусках — по линиям $v_1 - v_1'$, $v_2 - v_2'$, $v_3 - v_3'$ и $v_4 - v_4'$.

Каждый двигатель электровоза в режиме торможения включен на отдельный тормозной резистор r_T (рис. XIII-34, б), а обмотки возбуждения 1—8, соединенные последовательно, получают питание от тиристорного возбудителя B . Регулируя фазорегулятором ΦP угол открывания тиристорных возбудителей, изменяют ток возбуждения двигателей, обеспечивая получение одного из режимов: либо снижение скорости по заданным ограничениям, либо поддержание ее постоянной на спуске.

Первый режим осуществляется под воздействием функционального преобразователя $\Phi П$, на вход которого подается через трансформатор постоянного тока $ТПТВ$ сигнал, пропорциональный току возбуждения. Сигнал на выходе $\Phi П$ воспроизводит все ограничивающие тормозной процесс зависимости (см. рис. XIII-34, а). Выходное напряжение $\Phi П$ (см. рис. XIII-34, б) является заданной величиной, с которой сравнивается истинное значение напряжения $U_{\text{ТПТЯ}}$, пропорциональное току якоря двигателя. Сигнал тока якоря поступает от трансформаторов постоянного тока двигателя $ТПТЯ$ через логическое устройство $ИЛИ$, которое пропускает сигнал от двигателя, имеющего наибольший ток. Из элемента сравнения $ЭС1$ заданной и истинной величины напряжения сигнал поступает на ΦP .

При уменьшении тока якоря разность между напряжением функционального преобразователя $U_{\Phi П}$ и $U_{\text{ТПТЯ}}$ увеличивается и фазорегулятор уменьшает угол открывания тиристорного преобразователя, что приводит к уменьшению тока возбуждения I_B и тока якоря I . Обратный процесс произойдет при уменьшении указанной разности.

Для поддержания постоянной скорости в качестве датчика применен тахогенератор $ТГ$, выходное напряжение которого сравнивается в элементе сравнения $ЭС2$ с заданным $U_{\Sigma д}$. Заданное напряжение можно изменять поворотом ротора сельсина, связанного с тормозной рукояткой машиниста. Разность $U_{\Sigma д} - U_{\text{ТГ}}$ поступает

на ΦP . Если скорость понижается и разность между заданной и истинной скоростью увеличивается, то увеличивается угол α открывания тиристоров и уменьшается ток возбуждения тяговых двигателей. В случае повышения скорости получается обратная зависимость.

ХИИ-5. РЕКУПЕРАТИВНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

Условия электрической устойчивости и особенности переходных процессов в схемах со стабилизирующими резисторами (рис. ХИИ-35). Для проверки электрической устойчивости необходимо составить уравнения, описывающие переходный процесс в цепях. Уравнение цепи якорей

$$E - U_c = (E_0 + c_1 v i_B) - U_c = (r_A + r_c) i + L_A \frac{di}{dt} + r_c i_B, \quad (\text{ХИИ-110})$$

где c_1 — коэффициент пропорциональности между током возбуждения и магнитным потоком на рассматриваемом участке кривой намагничивания;

r_c — сопротивление стабилизирующего резистора.

Уравнение контура цепи возбуждения (рис. ХИИ-35, а)

$$e_B = r_c i + (r_c + r_{B0}) i_B + L_B \frac{di_B}{dt}. \quad (\text{ХИИ-111})$$

Характеристические уравнения выражений (ХИИ-110) и (ХИИ-111) в операторном виде:

$$[pL_A + (r_A + r_c)] i(p) + (r_c - c_1 v) i_B(p) = 0; \quad (\text{ХИИ-112})$$

$$r_c i(p) + (pL_B + r_c + r_{B0}) i_B(p) = 0, \quad (\text{ХИИ-113})$$

где r_{B0} — сопротивление обмоток возбуждения, за исключением обмоток главных полюсов.

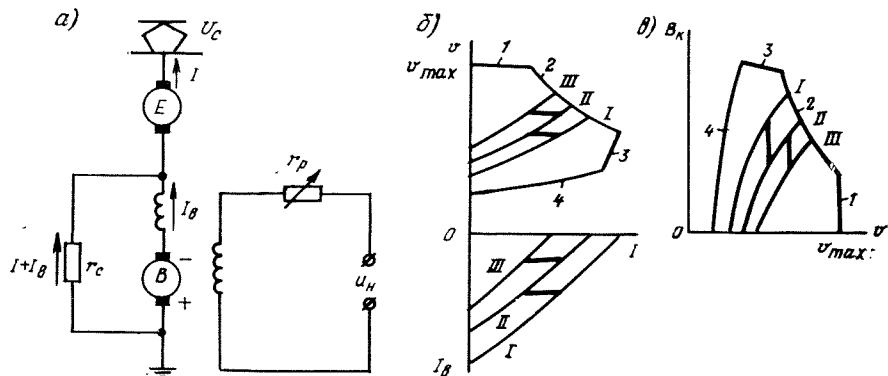


Рис. ХИИ-35. Упрощенная схема рекуперативного торможения со стабилизирующими резисторами (а), скоростные (б) и тормозные (в) характеристики двигателя

Решив совместно полученные уравнения, получим характеристическое уравнение второго порядка с коэффициентами:

$$a_0 = L_A L_B; \quad a_1 = L_A (r_c + r_{B0}) + L_B (r_A + r_c); \quad a_2 = r_A r_{B0} + r_c (r_A + r_{B0}) + C_1 v.$$

Полученные коэффициенты положительны, и рассматриваемая схема удовлетворяет условиям электрической устойчивости.

Для проверки стабильности системы рекуперативного торможения со стабилизирующими резисторами составляют уравнения электрического равновесия в цепи якоря и возбуждения и определяют относительную интенсивность изменения тока рекуперации:

$$X_I = \frac{U_{c0}}{I_0} \cdot \frac{dI}{dU_c} = - \frac{U_{c0}}{I_0} \frac{1}{\frac{1}{1 + r_B/r_c} (c_1 v + r_B) + r_A}, \quad (\text{ХИИ-114})$$

где U_{c0} и I_0 — начальные значения напряжения сети и тока рекуперации.

Рекуперативное торможение при противозавозбуждении возбудителя. В схеме противозавозбуждения применен возбудитель с двумя обмотками возбуждения: независимой HV и встречной PB (рис. ХИИ-36). Уравнение для цепи якоря

$$E - U_c = c v \Phi - U_c = r_A I. \quad (\text{ХИИ-115})$$

Для цепи возбуждения справедливо уравнение (II-18). Полагая $U_c = U_R$, можно получить эквивалентное сопротивление внешней характеристики

$$R_{\Sigma X} = v a_d \beta_n + r_A = \frac{v a_d \omega_B \kappa_1 \omega_K}{r_{B0}} + r_A, \quad (\text{ХИИ-116})$$

где $a_d = \frac{d(c\Phi)}{dF}$ — коэффициент, пропорциональный наклону магнитной характеристики двигателя;

$$\beta_n = - \frac{d(\omega_B I_B)}{dI}.$$

Построение характеристик $v(I)$ и $B_K(v)$ при постоянной частоте вращения возбудителя производится в том же порядке, как и для реостатного торможения с противозавозбуждением возбудителя. Исходную зависимость $I_B(I)$ определяют по выражениям (II-17) и (II-18), а для подсчета E и v используются уравнения (ХИИ-115).

При нескольких двигателях и параллельных цепях в схемах с противозавозбуждением возбудителя должны быть приняты меры для выравнивания нагрузок параллельных ветвей. Для этого широко используются схемы с циклической стабилизацией, например, на электровах ВЛ8 и ВЛ10. При одинаковых нагрузках в цепях двигателей

$$2c v \Phi - U_c = 2r_A I; \quad (\text{ХИИ-117})$$

$$e_B = e_{B0} - 2\kappa_1 \omega_K I = 2r_{B0} I_B; \quad (\text{ХИИ-118})$$

$$I_B = \frac{e_{B0} - 2\kappa_1 \omega_K I}{2r_{B0}}. \quad (\text{ХИИ-119})$$

При неравенстве нагрузок параллельных ветвей двигателей нарушается равенство потенциалов точек А и Б и в контуре появляется уравнильный ток i_c .

Если суммарная э. д. с. двигателей III и IV выше суммарной э. д. с. двигателей I и II, то

$$E_{III} + E_{IV} > E_I + E_{II} \quad (\text{ХИИ-120})$$

и ток якорей группы III — IV превысит ток группы I — II. Примем $I_2 = I + i$ и $I_1 = I - i$,

где $I = \frac{I_1 + I_2}{2}$ — средний ток двух групп;

$$i = \frac{I_2 - I_1}{2} = i_B + i_c, \quad i_B = \frac{i}{1 + \frac{r_{B0}}{2r_c}} \quad \text{и}$$

$$i_c = \frac{i}{\frac{2r_c}{r_{B0}} + 1}.$$

Уравнильный ток i контура якорей двигателей разветвляется на две составляющие. Одна составляющая i_B протекает по обмоткам возбуждения, другая i_c — по выравнивающим резисторам. Ток i_B протекает встречно току возбуждения I_B двигателей III и IV и согласно с током I_B двигателей I и II. В результате этого уменьшаются э. д. с. E_{III} и E_{IV} и возрастает э. д. с. двигателей I и II.

В схеме рис. ХИИ-37 коэффициент противозавозбуждения β_n не оказывает влияния на величину уравнильного тока i . Для приведенной схемы

$$R_{\Sigma X} = - \frac{dU}{dI} = \frac{2v a_d \kappa_1 \omega_K \omega_B}{r_{B0}} + 2r_A. \quad (\text{ХИИ-121})$$

Условия электрической устойчивости и особенности переходных процессов схемы с противозавозбуждением возбудителя. Пере-

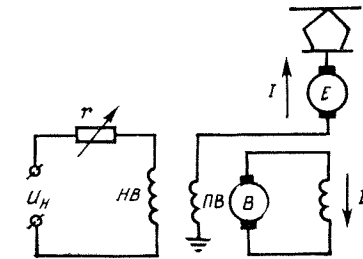


Рис. ХИИ-36. Упрощенная схема рекуперативного торможения с противозавозбуждением возбудителя

ходные процессы в цепях (см. рис. ХИИ-36) описываются следующими уравнениями:

$$E - U_c = (E_0 + c_1 v i_B) - U_c = r_A i + L_A \frac{di}{dt}; \quad (\text{ХИИ-122})$$

в цепях возбуждения тяговых двигателей

$$\kappa_1 (\omega_H i_H - \omega_K i) = r_{B0} i_B + L_B \frac{di_B}{dt}; \quad (\text{ХИИ-123})$$

в цепи возбуждения возбудителя

$$r_H i_H + L_H \frac{di_H}{dt} - M_B \frac{di}{dt} = u_H, \quad (\text{ХИИ-124})$$

где $M_B = \frac{\omega_K L_H}{\omega_H}$ — коэффициент взаимной индуктивности обмоток независимого и встречного возбуждения возбудителя;

r_H и L_H — сопротивление и индуктивность цепи обмотки возбудителя;

i_H — ток возбуждения возбудителя.

Характеристические уравнения данной системы в операторном виде:

$$(r_A + pL_A) i(p) - c_1 v i_B(p) = 0; \quad (\text{ХИИ-125})$$

$$(r_{B0} + pL_B) i_B(p) + \kappa_1 \omega_K i(p) = 0; \quad (\text{ХИИ-126})$$

$$(r_H + pL_H) i_H(p) - \frac{\omega_K}{\omega_H} pL_H i(p) = 0. \quad (\text{ХИИ-127})$$

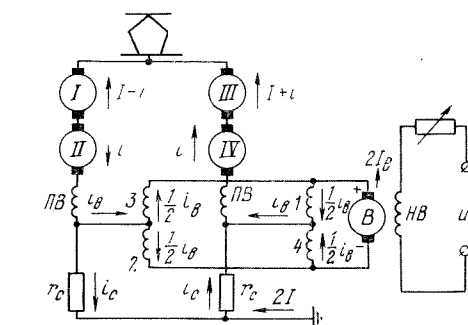


Рис. ХИИ-37. Схема перекрестного включения обмоток возбуждения двигателя при рекуперативном торможении

По условию устойчивости инвертирования находят угол запаса δ и среднее значение выпрямленного напряжения (при полном сглаживании инвертируемого тока). Ток коммутации

$$i_K = \frac{U_m}{x_T} \int_0^{\omega t} \sin \omega t d\omega t = \frac{U_m}{x_T} (\cos \alpha - \cos \omega t) \quad (\text{XIII-141})$$

и для момента окончания коммутации

$$i_K = 2I_d = \frac{U_m}{x_T} [\cos \alpha - \cos (\alpha + \gamma)]. \quad (\text{XIII-142})$$

Угол запаса определяется из выражения

$$\cos \delta = \frac{2x_T}{U_m} I_d - \cos \alpha. \quad (\text{XIII-143})$$

Среднее значение выпрямленного напряжения

$$U_d' = \frac{\cos \delta - \cos \alpha}{\pi} U_m. \quad (\text{XIII-144})$$

Зависимость напряжения инвертора от нагрузки:

$$-U_d' = U_d' + \frac{2}{\pi} x_T I_d. \quad (\text{XIII-145})$$

где $U_d' = \frac{2}{\pi} U_m \cos \alpha$ — среднее значение напряжения инвертора при холостом ходе.

На рис. XIII-42 дано семейство характеристик инвертора для нескольких значений угла отпирания $\alpha_1 \div \alpha_5$ (где $I_x = U_m/x_T$ — амплитуда тока короткого замыкания трансформатора). Приведенные характеристики ограничиваются минимальным углом запаса по времени выключения

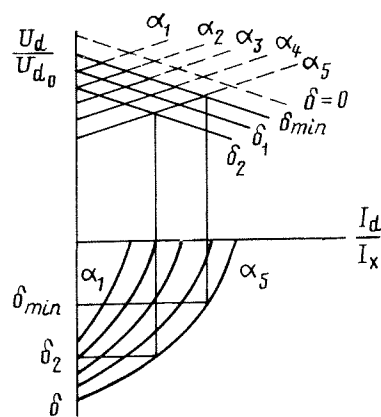


Рис. XIII-42. Кривые влияния угла запаса на показатели нагрузки

вентилей $\delta = \delta_{\min}$. Уравнение ограничивающих кривых

$$-U_d' = U_d' - \frac{2}{\pi} x_T I_d, \quad (\text{XIII-146})$$

где $U_d' = \frac{2 \cos \delta}{\pi} U_m$ — напряжение холостого хода инвертора при $\cos \alpha = -\cos \delta$.

Коэффициент мощности при инвертировании

$$\lambda = \frac{U_d' I_d}{U_T I_T} = \frac{2 \sqrt{2}}{\pi} \frac{1}{\kappa_{\text{эф}}} \cdot \frac{U_d'}{U_d_0}. \quad (\text{XIII-147})$$

Наиболее высокому коэффициенту мощности соответствует характеристика при $\delta = \delta_{\min}$.

XIII-6. НАРУШЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ЗАЩИТА

Для защиты тяговых двигателей и электрических аппаратов от ненормальных, опасных режимов на э. п. с. установлены специальные устройства защиты в режиме тяги. Ток уставки реле перегрузки РП принят $I_{\text{ур}} = (1,65 \div 1,75) I_{\text{ч}}$, где $I_{\text{ч}}$ — ток двигателя при часовом режиме. Ток уставки реле всегда несколько больше максимального тока двигателя, определяемого по наибольшей силе тяги из условий сцепления.

Ток уставки реле перегрузки электропоездов и пассажирских электропоездов определяется по максимально допустимому току из условий коммутации (перегрузочной способности) тяговых двигателей. Согласно ГОСТ 2582—66 тяговые двигатели должны кратковременно выдерживать нагрузку, равную $2I_{\text{ч}}$. Учитывая возможность различных эксплуатационных отклонений, наибольший ток снижают на 10—15% и ток уставки РП принимают $I_{\text{ур}} = (1,85 \div 1,90) I_{\text{ч}}$.

Силовые цепи от коротких замыканий на э. п. с. постоянного тока защищают быстродействующие выключатели БВ в комбинации с другими аппаратами защиты: дифференциальными реле (Д) и реле перегрузки (РП). Практически дифференциальное реле срабатывает при небалансе токов 50 А (для вспомогательных машин) и 100 А (для цепи тяговых двигателей).

Ток срабатывания БВ $I_{\text{ср}}$ зависит от тока уставки РП и наибольшего числа параллельных ветвей тяговых двигателей p , т. е. $I_{\text{ср}} = p I_{\text{ур}}$.

Защита от повышения или понижения напряжения на токоприемнике электрического локомотива осуществляется с помощью реле максимального напряжения РМН и реле пониженного напряжения РПН, уставки которых соответственно равны $1,3 U_{\text{сн}}$ и $0,7 U_{\text{сн}}$. Защита от повышения напряжения необходима на локомотивах с электрическим торможением. Защита от

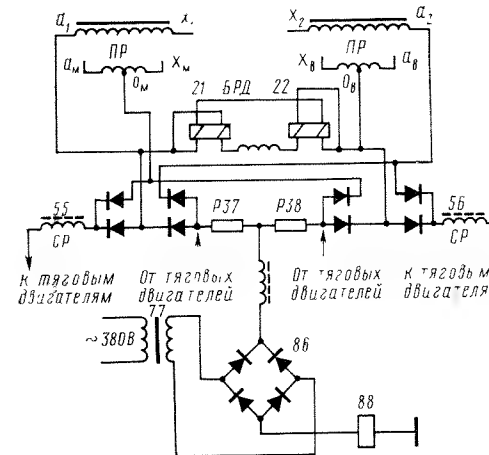


Рис. XIII-43. Схема дифференциальной защиты и защиты от замыканий на землю электропоездов ВЛ80к и ВЛ60к:

ПР — переходный реактор; БРД — блок дифференциальной защиты; Р37, Р38 — резисторы; 55, 56 — сглаживающие реакторы; 77 — трансформатор; 86 — выпрямительный мост; 88 — катушка реле заземления

понижения напряжения устанавливается на локомотивах с автоматическим пуском. В других случаях этот вид защиты не обязателен.

Основным аппаратом защиты от коротких замыканий на э. п. с. переменного тока служит главный выключатель ГВ. Уставку ГВ по току первичной обмотки трансформатора определяют как сумму тока уставки реле перегрузки тяговых двигателей с учетом коэффициента преобразования $\kappa_{\text{пр}}$, числа параллельных ветвей p тяговых двигателей и тока обмотки собственных нужд трансформатора, отнесенного к первичной стороне:

$$I_{\text{у}} = \frac{p I_{\text{ур}}}{\kappa_{\text{пр}}} + \frac{P_{\text{всп}}}{U_{\text{всп}} \kappa_{\text{пр}}},$$

где $P_{\text{всп}}$ и $U_{\text{всп}}$ — мощность и напряжение обмотки собственных нужд трансформатора.

Ток $I_{\text{ур}}$ выбирается так же, как и для э. п. с. постоянного тока.

Для защиты от замыканий на землю служит реле заземления (РЗ), через катушку которого вторичная цепь э. п. с. соединяется с землей. На электропоездах ЭР9П катушки РЗ через добавочный резистор подключены к средней точке вторичной обмотки трансформатора. Реле РЗ срабатывает при заземлении вторичной цепи в какой-либо точке, имеющей определенный потенциал относительно земли. В целях исключения незащищаемых участков часто в цепь РЗ вводят постоянную э. д. с. от выпрямителя малой мощности, которая вызывает срабатывание РЗ при замыкании на землю любой точки вторичной цепи. Так, реле заземления на электропоездах ВЛ60к включено между анодными шинами сило-

вых выпрямительных установок через добавочные резисторы, дроссель и выпрямитель на землю.

На электропоездах ВЛ80к реле 88 (рис. XIII-43) включено между катодными шинами выпрямительных установок через аналогичные резисторы Р37 — Р38, дроссель, мост 86 на землю. Питание моста обеспечивает трансформатор 77, подключенный к обмотке собственных нужд тягового трансформатора.

Защита силовых цепей э. п. с. переменного тока от атмосферных и коммутационных перенапряжений осуществляется с помощью разрядников и конденсаторов.

Независимо от рода тока на э. п. с. устанавливается защита от боксования. В качестве датчиков такой защиты чаще применяют электромагнитные реле боксования РБ, катушки которых включают либо по мостовой (рис. XIII-44, а), либо по дифференциальной схеме (рис. XIII-44, б). Напряжение небаланса обмоток реле зависит от способа их включения.

Для мостовой схемы

$$U_6 - U_{\text{нб}} = (i_1 - i_2) (R + 4r),$$

где U_6 и $U_{\text{нб}}$ — напряжение на двигателях соответственно боксующей и небоксующей колесных пар;

i_1 и i_2 — токи в резисторах плеч моста;

R — сопротивление плеч моста;
 r — сопротивление катушки реле боксования РБ.

Если катушки реле включить по дифференциальной схеме, то

$$U_6 - U_{\text{нб}} = (i_1 - i_2) (R + 2r).$$

Отпадание якоря реле произойдет при снижении тока в его катушках до $i_{\text{отп}} = \kappa_{\text{в}} i_{\text{ср}}$ (где $\kappa_{\text{в}} < 1$ — коэффициент возврата РБ). Если принять $\kappa_{\text{в}} = 0,5$, то $i_{\text{отп}} = 0,004$ А. Разность напряжений на двигателях при этом составит $U_6 - U_{\text{нб}} = 0,004 (13 \cdot 200 + 4 \cdot 1 \cdot 020) = 69$ В. Согласно ГОСТ 2582—66 допускается отклонение частоты вращения якорей двигателей от номинальной (при часовом режиме) на $\pm 4\%$. В случае более неблагоприятного расхождения характеристик для двух

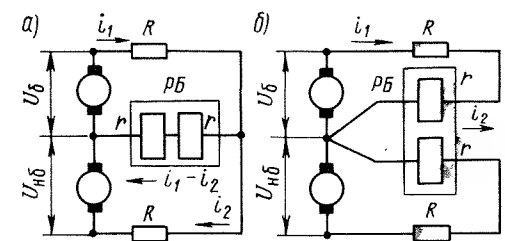


Рис. XIII-44. Схема включения катушек реле боксования

последовательно соединенных двигателей при номинальном напряжении сети U_c и равенстве диаметров бандажей (пренебрегая внутренним падением напряжения в двигателе)

$$U_1 - U_2 = 1,04 \frac{U_c}{2} - 0,96 \frac{U_c}{2} = 0,08 \frac{3000}{2} = 120 \text{ В,}$$

где U_1 и U_2 — напряжения на первом и втором двигателях.

При отсутствии боксования разность напряжений на двигателях превышает напряжение отпадения якоря реле. Следовательно, для предотвращения «залипания» реле необходимо увеличивать $i_{отп}$ или коэффициент возврата k_v реле.

Электропоезда ЧС2 и ЧС2т с № 305 оборудованы противобоксовой защитой с применением трансдукторов (магнитных усилителей). Трансдукторы ТД1 и ТД2 (рис. XIII-45) представляют собой два магнитных сердечника, на каждом из которых намотано по одной рабочей обмотке 1—2. Обмотки соединены последовательно так, чтобы магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 были направлены встречно. Таким образом, в обмотках управления 3—4 и 5—6, намотанных на оба сердечника, не наводятся э. д. с.

ТД1 контролирует работу двигателей 2, 3, 4, 5, а ТД2 — двигателей 1 и 6. Обмотки управления ТД подключены к соот-

ветствующим якорям тяговых двигателей по схеме моста.

Защита при реостатном торможении. Защита от перегрузок в схемах с последовательным возбуждением двигателей обеспечивается теми же реле перегрузки, что и в тяговом режиме. Реле РП воздействуют на контакторы, которые прерывают цепь тормозного тока. Может быть осуществлена и буферная защита введением в цепь тока ступени тормозного реостата или ослабления возбуждения. Для тормозного режима по условиям безопасности желательно применять защиту от перегрузок без полного выключения двигателей.

Защита от повышенных напряжений осуществляется реле максимального напряжения (РМН), воздействующего также на контакторы тормозной цепи. Для защиты от перебросов дуги на землю по коллекторам тяговых двигателей обычно применяют реле заземления, которое воздействует на аппараты, размыкающие силовую цепь.

При реостатном торможении с независимым возбуждением тяговых двигателей защита осуществляется РП и РМН, воздействующими на цепи возбуждения двигателей.

Защита при рекуперативном торможении. Для защиты от перегрузок используют те же реле РП, что и в тяговом режиме. Своими блок-контактами реле РП воздействует на отключение БВ. Защита от повышенных напряжений на э. п. с. постоянного тока осуществляется РМН, ко-

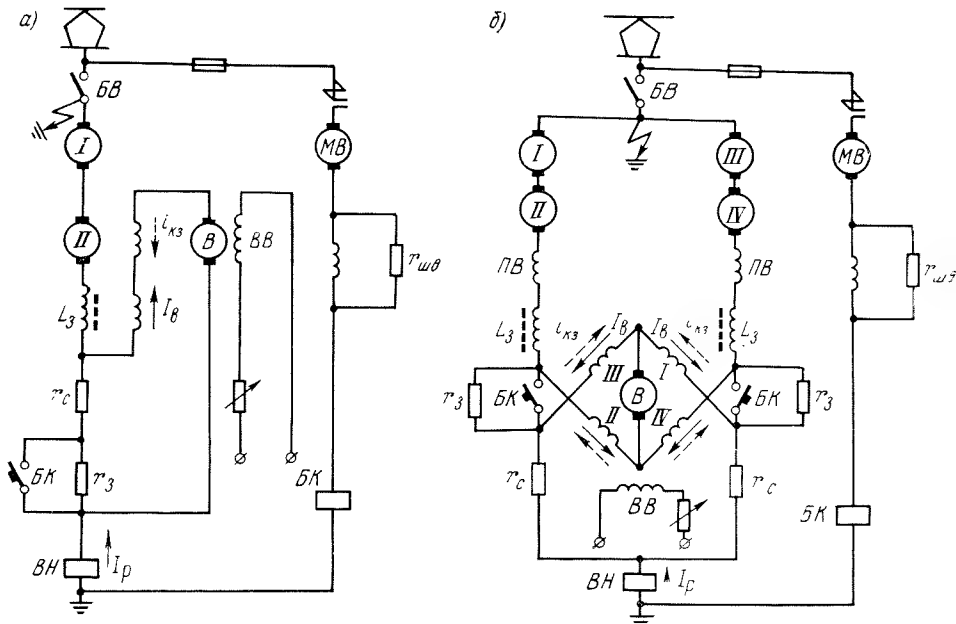


Рис. XIII-46. Схемы защиты силовых цепей в режиме рекуперации:

БВ — быстродействующий выключатель; БК — быстродействующий контактор; I—IV — тяговые двигатели; В — возбуждатель; МВ — мотор-вентилятор; r_3 — разрядный резистор; L_3 — дополнительная индуктивность; ВН — витки насыщения БК; $r_{шв}$ — шунтирующие резисторы обмотки возбуждения мотор-вентилятора; r_c — стабилизирующие резисторы; БВ, ПВ — обмотки возбуждения и противовозбуждения возбуждателя

торое отключает БВ в случае повышения напряжения в сети до 4000 В. На э. п. с. переменного тока защита от повышенных напряжений не предусматривается, так как всегда имеется возможность передать энергию от рекуперирующего электропоезда.

На электропоездах ЭР22, электропоездах ВЛ22м, ВЛ8 и ВЛ10 защита от коротких замыканий на землю осуществляется быстродействующими контакторами БК.

Схема включения БК в цепи со стабилизирующими резисторами приведена на рис. XIII-46, а, в цепях с циклической стабилизацией (противовозбуждением) возбуждателя В — на рис. XIII-46, б.

Контакторы БК не размыкают полностью цепь двигателей, а вводят в нее активное сопротивление r_3 , величину которого выбирают из условия предотвращения опасных перенапряжений.

После размыкания контакторов БК ток короткого замыкания двигателей $i_{кз}$ протекает через их обмотки возбуждения встречно току I_B , что обеспечивает быстрое размагничивание машин. Для снижения скорости нарастания тока короткого замыкания в цепь двигателей включается в режиме рекуперации дополнительная индуктивность L_3 (обычно используются индуктивные шунты цепи ослабления возбуждения). Быстродействие БК на электропоезде достигается включением их удерживающих катушек в цепь тока мотор-вентиляторов. При коротком замыкании на токоприемнике замыкаются накоротко мотор-вентиляторы, в цепях которых возникает толчок генераторного тока. Это обеспечивает быст-

рое размагничивание удерживающих катушек БК и их отключение.

Защита выпрямительных установок. Защита выпрямительных установок должна обеспечить надежную работу выпрямителей путем ограничения воздействующих на них токов перегрузок и перенапряжений в допустимых пределах и своевременного выявления поврежденных элементов. В соответствии с выполняемыми функциями различают защиты от токов коротких замыканий (к. з.), от пробоя вентилей и от перенапряжений. Схема, поясняющая способы защиты, приведена на рис. XIII-47.

На электропоездах ВЛ60к, ВЛ80к и ВЛ80т защита выпрямительной установки от токов к. з. осуществляется главным выключателем. В качестве датчика короткого замыкания используются два дифференциальных реле, объединенных в специальный блок БРД-204 (БРД-356) (см. стр. 155).

Защита быстродействующими контакторами КМБ-3Д применена на электропоездах ЭР9П. Электромагнитный контактор КМБ-3Д выполнен двухполюсным и размыкает одновременно два плеча выпрямителя. Датчиком к. з. и перегрузок, контролирующим величину переменного тока на входе выпрямителя, служит трансформатор тока ТПОЛ-10. Датчиком к. з. в цепи тяговых двигателей является дифференциальное реле РДБ-101.

Схема защиты с использованием главного выключателя и токоограничивающих реакторов, предложенная ВЭИ им. В. И. Ленина, применена на электро-

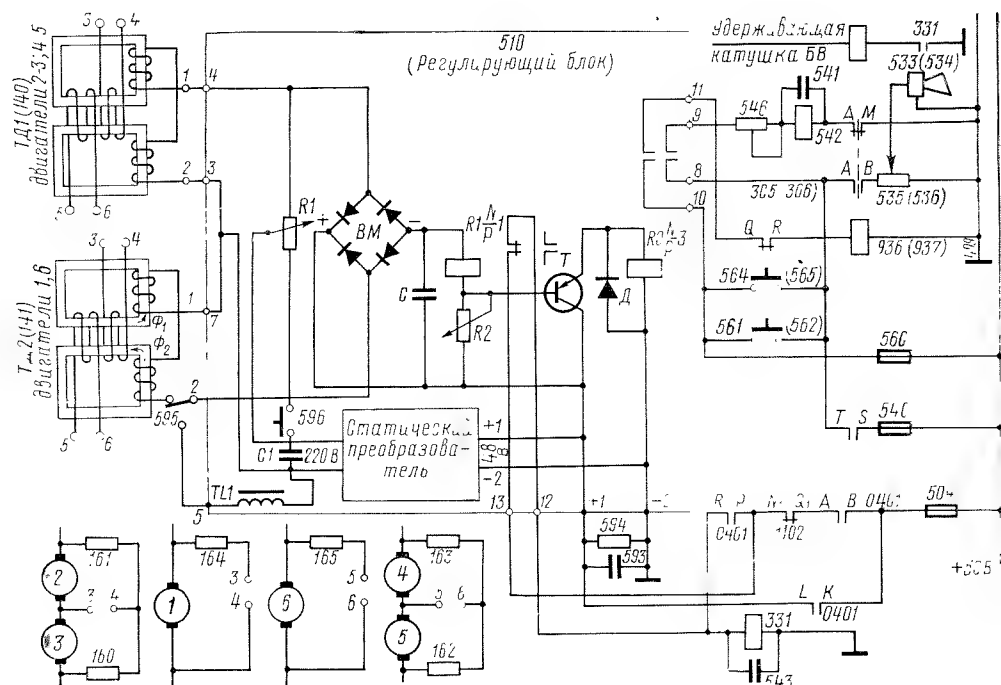


Рис. XIII-45. Трансдукторная защита при боксовании электропоезда ЧС2:

1—6 — тяговые двигатели; ВМ — выпрямительный мост; 331, 542, 936 (937), $R_1 \frac{N}{P} 1$, $R_0 \frac{N}{P} 3$ — электромагнитные реле; ТД1 (140), ТД (141) — трансдукторы; ТЛ1 — дроссель; Т — транзистор; 533 (534) — зуммер; Д — диод; 595 — переключатель; $R_1, R_2, 546, 535, (536), 594$ — резисторы

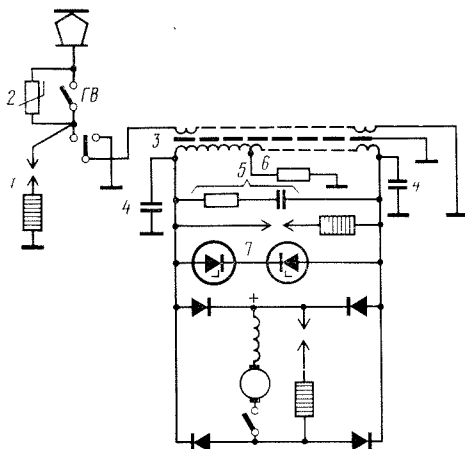


Рис. XIII-47. Способы защиты выпрямителей от атмосферных и коммутационных перенапряжений: 1 — вентильный разрядник; 2 — резистор нелинейного сопротивления; 3 — заземленный экран; 4 — заземляющие конденсаторы; 5 — контур RC; 6 — резистор; 7 — стабилитроны

поездах ЭР9П (см. рис. XIII-88). Общее время отключения главного выключателя при аварийном срабатывании сокращается с 0,05—0,06 до 0,025—0,03 с.

В настоящее время разработаны бесконтактные системы управления главным выключателем. В этих системах датчик короткого замыкания (трансформатор тока) через тиристор подает мощный импульс на отключающую катушку главного выключателя.

Для создания отключающего импульса использован предварительно заряженный конденсатор большой емкости.

Защита при пробое и обрыве цепи одиночных вентилях основана на сигнализации о наличии внутренних повреждений (вентилей, шунтирующих резисторов, контуров RC) и контроле разности потенциалов между нормально равнопотенциальными точками параллельных цепей вентилях в плече выпрямителя или между вентилями плеча и специальным делителем напряжения (рис. XIII-48). Устройства отличаются числом контролируемых точек, видом резисторов делителя и системой датчиков,

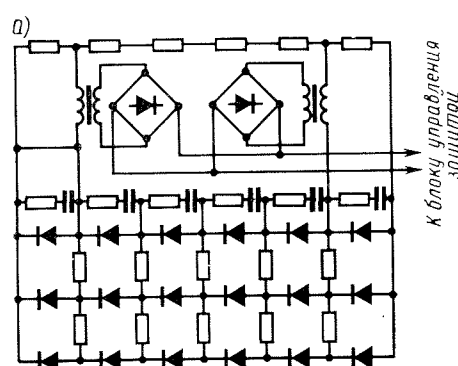


Рис. XIII-48. Схемы защиты при пробое и обрыве цепи одиночных вентилях с трансформаторными датчиками (а) и магнитным усилителем (б)

реагирующих на появление разности потенциалов. При подсоединении датчиков к средним точкам последовательной цепи вентилях устройства не реагируют на одновременный пробой двух вентилях — по одному с каждой стороны от точки присоединения датчика. Поэтому либо включают датчик несимметрично, т. е. не на среднюю точку последовательной цепи вентилях, либо предусматривают контроль нескольких точек в плече.

В выпрямительной установке УВП-3 электропоездов, которые выпущены до 1970 г. (рис. XIII-48, а) первичные обмотки трансформаторных датчиков пробоя включены между вентилями плеча выпрямителя и омическим делителем напряжения. На электропоездах ВЛ60к и ВЛ80к в качестве усилителя и сумматора сигналов с различных датчиков (каналов) использован стандартный магнитный усилитель ТУМ-А1-11 (рис. XIII-48, б). В качестве нагрузки магнитных усилителей использованы промежуточные реле цепи сигнализации, контакты которых включают блинкер-сигналы, указывающие поврежденное плечо, а после 25-й позиции отключают главный выключатель.

На электропоездах обычно ограничиваются сигнализацией о пробое вентиля с тем, чтобы сохранить возможность дальнейшего движения. При этом предусматривают работу электропоезда на ступенях пониженного напряжения. В электропоездах моторный вагон с неисправным выпрямителем может быть отключен.

На электропоездах ВЛ60к, ВЛ80к, ВЛ80т и электропоездах ЭР9П, оборудованных лавинными вентилями, сняты устройства для защиты и сигнализации о пробое вентилях: достаточно периодически проверять обратное сопротивление вентилях в депо.

XIII-7. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОПЕЗДОВ ВЛ80к и ВЛ80т

На электропоездах ВЛ80к и ВЛ80т силовые цепи в тяговом режиме работают одинаково. Поэтому рассматривается тя-

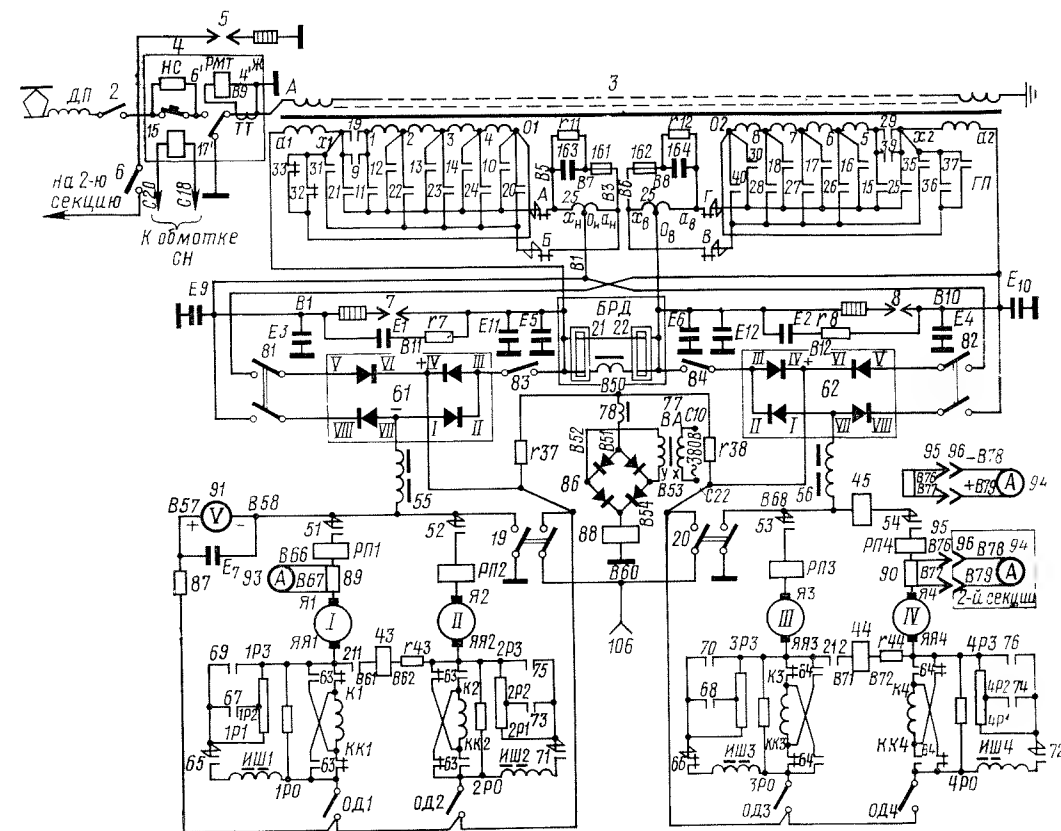


Рис. XIII-49. Схема силовой цепи электропоезда ВЛ80к:

1—IV — тяговые двигатели; 2, 6 — разьединители; 3 — тяговый трансформатор; 4 — главный выключатель; ГП — контакторные элементы группового переключателя ЭКГ; А, Б, В, Г — контакторные элементы ЭКГ с дугогашением; 5, 7, 8 — разьдинники вылитые; 21, 22 — дифференциальные реле БРД; 25 — переходные реакторы; 19, 20 — разьдинители шин; 43, 44 — реле боксования; 45 — регулятор давления; 51—54 — контакторы электропневматические; 55, 56 — реакторы сглаживающие; 1, 2 — установочные выпрямительные; 63, 64 — переключатели реверсивные; 65—76 — контакторы электропневматические; 77 — трансформатор; 78 — дроссель; 81—84 — разьдинители вентилях; 80 — выпрямитель селеновый; 87 — резистор добавочный к вольтметру; 88 — реле заземления; 89, 90 — шунты к амперметрам; 91 — вольтметр; 93, 94 — амперметры; 95 — штепсель; 96 — розетка; 100 — розетка низковольтная; Е1—Е5, Е7—Е12 — конденсаторы; РП1—РП4 — реле перегрузки тяговых двигателей; ИШ1—ИШ4 — индуктивные шунты; ОД1—ОД4 — разьдинители двигателей; РМТ — реле максимального тока

говый режим на электропоезде ВЛ80к, а для ВЛ80т приводятся только схемы.

Схемы силовых цепей. Пуск и регулирование скорости электропоезда* осуществляются ступенчатым изменением напряжения на вторичной обмотке трансформатора, что определяет напряжение на зажимах двигателей.

Наименьшее напряжение на тяговые двигатели подается при встречном включении нерегулируемых обмоток с соответствующими регулирующими: а1 — х1 с 1—01 и а2 — х2 с 5—02 (рис. XIII-49). Напряжение нерегулируемой обмотки равно 638 В, регулируемой 580 В, а их разность составляет на 1-й позиции 58 В. Наибольшее напряжение на двигателях на 33-й позиции. Оно определяется суммарным на-

пряжением двух обмоток при согласном их включении (638 — 580 — 1218 В). Напряжение каждой секции регулируемой обмотки составляет 145 В.

Повышение напряжения от наименьшего до наибольшего осуществляется последовательным выключением секций 1—2, 2—3, 3—4, 4—0 регулируемой обмотки 01—1 встречно с обмоткой а1 — х1 и секций 5—6, 6—7, 7—8, 8—02 регулируемой обмотки 02—5 встречно с обмоткой а2 — х2 на 1—17-й позициях ЭКГ. На позициях 18—33-й ЭКГ повышение напряжения осуществляется включением в том же порядке ранее выключенных секций, но при согласном соединении обмоток трансформатора (замкнуты контакты 9, 19, 29, 39). Последовательность замыкания силовых контактов ЭКГ-8Ж приведена на рис. XIII-50, а других аппаратов — на рис. XIII-51.

Для ограничения переходного тока и деления напряжения секции установлен переходный реактор 25.

* Электропоезд ВЛ80к состоит из двух одинаковых секций, работающих по системе двух единиц. Поэтому дано описание работы только одной секции.

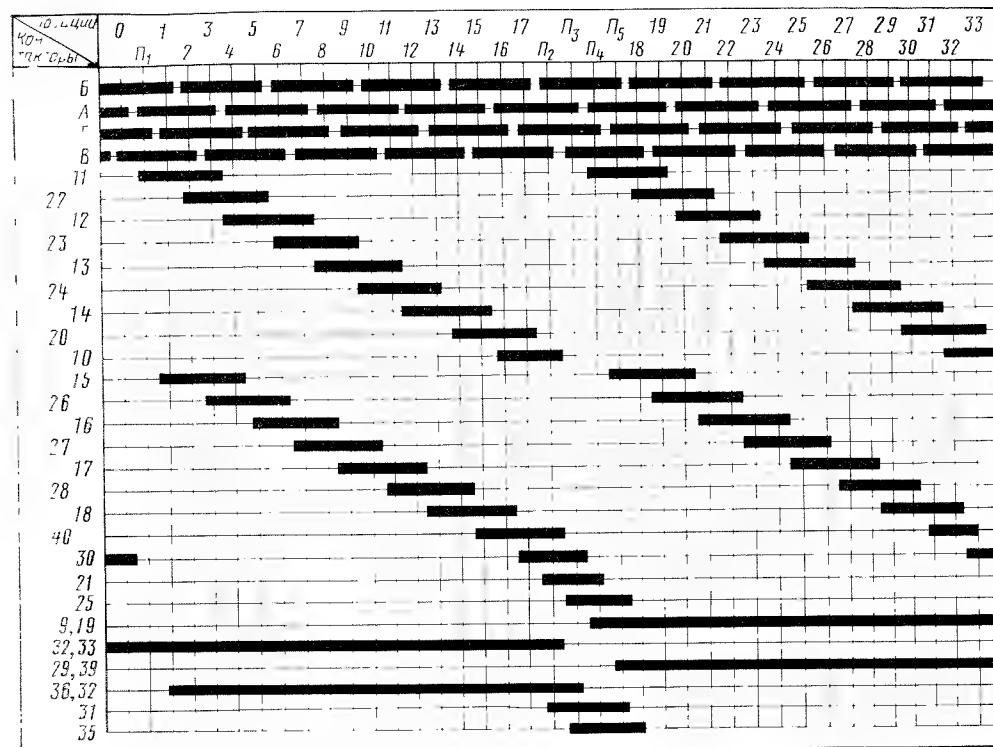


Рис. XIII-50. Диаграмма замыкания силовых контактов главного переключателя ЭКГ-8Ж электровоза ВЛ80^к

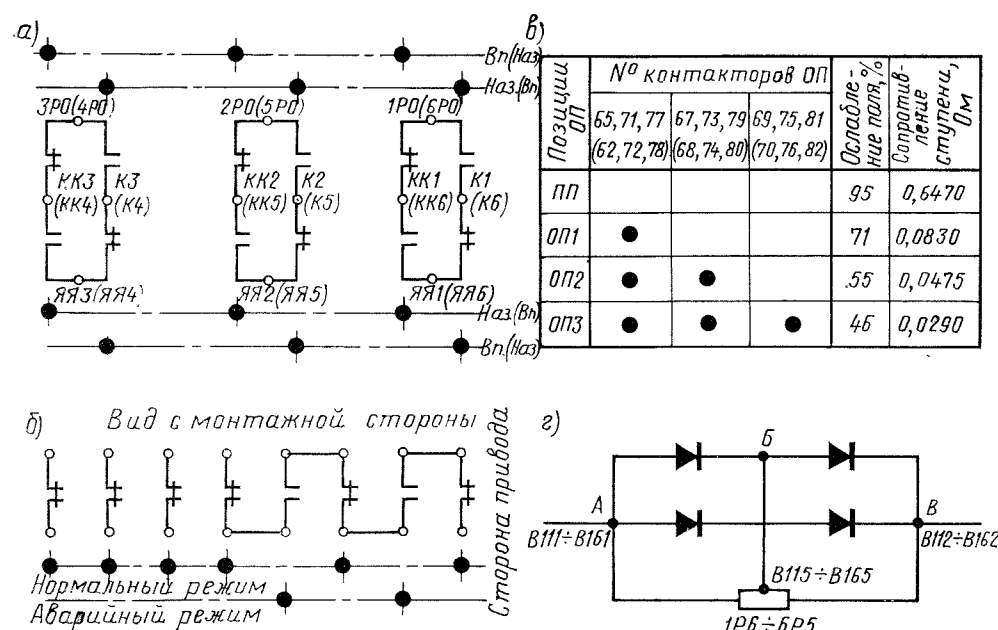


Рис. XIII-51. Монтажные схемы и диаграммы замыкания силовых контактов реверсора (а), переключателя вентилей (б), контакторов ослабления возбуждения (в) и блок генераторной защиты (г) электровоза ВЛ80^к

Полное выключение обмоток 1—01 и 5—02 происходит на 17-й позиции ЭКГ. В интервале позиций 17—18 имеется четыре промежуточных позиции.

На 33-й позиции обмотки 1—01 и 5—02 снова включаются полностью согласно с нерегулируемыми обмотками. Дальнейшее повышение скорости может быть достигнуто применением трех ступеней ослабления поля тяговых двигателей.

Ходовыми позициями являются 1-я, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29 и 33-я. Здесь переходный реактор включен двусторонне на один вывод трансформатора. На этих позициях происходит меньший нагрев переходного реактора, так как он нагружен только током двигателей и допустима длительная езда.

При номинальном напряжении в контактной сети 25 кВ выпрямленное напряжение на двигателях составляет 950 В. На электровозе применено двухполупериодное выпрямление однофазного тока. Для уменьшения пульсаций выпрямленного тока в цепь тяговых двигателей включены сглаживающие реакторы 55, 56. Для уменьшения влияния переменной составляющей пульсирующего тока на коммутацию двигателей и уменьшения потерь в двигателе обмотка главных полюсов постоянно шунтирована резисторами 1Р0 — 4Р0.

К каждой выпрямительной установке 61 (62) подключены параллельно по два тяговых двигателя. Два плеча моста выпрямительной установки разомкнуты и подключены одно к полуобмотке а1 — 01, второе — к полуобмотке 02 — а2.

Защита выпрямительных установок от коротких замыканий осуществляется блоком дифференциальных реле БРД (см. рис. XIII-43), катушки 21 и 22 и дроссель которого включены в уравнительное соединение двух полуобмоток трансформатора. В нормальном режиме работы ток через БРД не протекает. В случае возникновения к. з. в цепи выпрямительной установки скорость нарастания тока к. з. велика. Однако индуктивное сопротивление дросселя задерживает нарастание тока в той цепи, в которой он установлен. Поэтому создается небаланс магнитного потока в магнитной системе реле, что приводит к ослаблению магнитного потока удерживающей катушки. БРД отключается, отключая и ГВ.

Вспомогательные высоковольтные цепи. Вспомогательное оборудование получает питание от обмотки собственных нужд тягового трансформатора. Напряжение холостого хода обмотки собственных нужд равно 232 В на выводах х—а5 (рис. XIII-52), 406 В на х—а4 и 638 В на х—а3 при напряжении в сети 25 кВ. Все вспомогательное оборудование разделяется на потребители однофазного тока, питание которых осуществляется непосредственно от выводов обмотки трансформатора, и потребители трехфазного тока.

Расцепитель фаз включается контактором 125. При этом осуществляется асинхронный запуск с включением на время запуска контактором 119 резистора Р31 — Р33 типа КФ-508 сопротивлением 0,795 Ом.

При выходе из строя расцепителя фаз в одной секции необходимо включить разъединители 126 в обеих секциях; отключить обмотку собственных нужд трансформатора переключателем вспомогательных цепей 111 в той же секции, в которой неисправен расцепитель фаз. МВ1 — МВ4, МН и МК включаются контакторами 127—130, 133 и 124. При включении МВ1 — МВ4 и МК их контакторами включаются конденсаторы 165—168, 171 между двигательной и генераторной фазами для облегчения пуска и условий работы двигателей благодаря улучшению симметрии трехфазной системы.

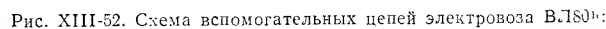
Питание вспомогательным цепям при нахождении электровоза в депо подают через розетки 108, 109, 110, включаемые переключателем 111. К розеткам подводится напряжение 380 В от деповской сети. Разъединители 126 должны находиться в отключенном положении и быть запломбированы. Недопустимо при включенных разъединителях 126 переключать питание вспомогательных цепей от напряжения депо через подкузовные розетки 108, 109, 110 (ножи переключателя 111 находятся в нижнем положении). В этом случае за счет обратной трансформации на первичной обмотке тягового трансформатора появится высокое напряжение 25 кВ.

Для обеспечения нормальной работы электровоза при напряжении в контактной сети 12 кВ (повреждение одной тяговой подстанции) установлены силовые трансформаторы с обмоткой собственных нужд, имеющей четыре вывода (232 В на выводе а5, 406 В на а4 и 638 В на а3).

Нормально переключателем обмоток трансформатора 105 (нижнее положение) вспомогательные цепи подключают к выводу а4, имеющему напряжение холостого хода 406 В. При подходе к зоне с поврежденной подстанцией машинист по сетевому вольтметру следит за снижением напряжения в контактной сети. При показании вольтметра 19 кВ машинист выключает вспомогательные машины, ГВ, опускает токоприемник и переключает в высоковольтной камере переключатель 105 в верхнее положение (на вывод а3 с напряжением 480 В при $U_c = 19$ кВ). Это напряжение по мере движения будет снижаться и при $U_c = 12$ кВ составит 300 В. Показания сетевого вольтметра во время питания вспомогательных цепей от вывода а3 будут завышены в 1,6 раза. Поэтому обратное переключение переключателя 105 в нормальное положение следует производить при показаниях сетевого вольтметра 30 кВ, что соответствует $U_c = 19$ кВ.

Измененная схема включения катушек контакторов расцепителя фаз электровоза ВЛ80^к с № 690 показана на рис. XIII-53.

Защита силового оборудования. От атмосферных перенапряжений трансформатор 3 (см. рис. XIII-49) защищен разрядником 5. От коммутационных напряжений вторичная обмотка трансформатора, контакты ЭКГ и выпрямительные установки защищены разрядниками 7 и 8 и цепочками РС: конденсатором Е1 с резис-



тором $r7$ и конденсатором $E2$ с резистором $r8$. Одновременно цепочки RC совместно с дросселем $ДП$ снижают уровень радиопомех. Для этой цели дополнительно поставлены конденсаторы $E9 - E12$. Для снижения коммутационных перенапряжений на обмотках переходного реактора 25 , а также для уменьшения подгара контактов ЭКГ с дугогашением обмотки реактора зашунтированы конденсаторами 163 и 164 . Чтобы защитить обмотки трансформатора от токов к. з. при пробое конденсаторов, поставлены плавкие вставки 161 , 162 на 100 А, 500 В. При перегорании предохранителей емкость разряжается на резисторы $r11$, $r12$.

От коротких замыканий силовые цепи защищены главным выключателем 4, который отключается под действием реле РМТ при токах в первичной обмотке трансформатора $250 \text{ А} \pm 10\%$.

Тяговые двигатели от перегрузок защищены реле перегрузки РП1 — РП4 (см. рис. XIII-49 и XIII-54), отключающими при токе 1500⁺⁵⁰ А промежуточное реле 264. Это реле воздействует на ГВ.

От боксования двигатели защищены реле боксования 43 и 44. При медленном вращении вала ЭКГ или его застревании на 2—3 с между позициями срабатывает реле времени 204 и отключается ГВ.

Вспомогательные цепи в целом защищены от к. з. токовым реле 113 (см. рис. XIII-52), действующим на отключение ГВ. Двигатели вспомогательных машин защищены от перегрузки тепловыми реле 137, 139, 141—148, 153—156, которые и отключают соответствующий контактор. Регулировочные рычажки реле 137, 139, 153, 155 устанавливаются постоянно на отметке «0». Регулировочные рычажки реле 141—148, 154, 156 установлены постоянно на отметке «—3».

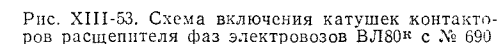
При замыкании вспомогательных цепей на землю срабатывает реле контроля земли 123, действующее на сигнальную лампу.

Схемы цепей управления (рис. XIII-54, XIII-55, XIII-56, XIII-57). Для осуществления ручного набора позиций необходимо рукоятку контроллера машиниста КМЭ поставить в положение ФП. При этом получают питание реле синхронизации 265 (266 от провода Н2, контакт КМЭ, провод 39 и далее по цепи синхронизации). В положении ФП включен также контактор 206, что обеспечивает вращение серводвигателя в сторону набора позиций.

Для набора одной позиции надо рукоятку КМЭ перевести в положение РП. Реле 265 и 266, включившись, продолжают получать питание по проводу Э1 через блок-контакты ГП_{поз 2} и собственные замыкающие контакты.

Диаграмма замыкания блок-контактов ЭКГ-8Ж показана на рис. XIII-58, переключателя режимов — на рис. XIII-59, блокировки основных аппаратов — на рис. XIII-60.

Контактор 208 серводвигателя получает питание по цепи: провод НЗЗ, замыкающие контакты 265, 206, блокировка ГПО÷32,



размыкающий контакт переключателя режимов *ПР-Р*. Серводвигатель начинает вращаться в сторону набора позиций. В промежуток между двумя фиксированными позициями замыкаются блок-контакты *ГППР*, через которые от провода *Э1* продолжает поступать напряжение на катушку *208*.

После этого размыкаются блок-контакты ГПП₂ (замкнуты только на фиксированных позициях) и реле 265, 266 теряют питание. Отключаясь, реле 265 своим замыкающим контактом отключает катушку 208 от провода НЗ3, но катушка 208 продолжает получать питание от провода .Э1. Блок-контакты ГППР размыкаются при подходе вала ЭКГ близко к фиксированной позиции и контактор 208 отключается, шунтируя своими размыкающими контактами якорь серводвигателя. Происходит динамическое торможение вала двигателя. Проход промежуточных позиций П1—П5 без остановки осуществляется благодаря блок-контактам ГПП, замкнутым на промежуточных позициях П1—П5.

Для набора еще одной позиции необходимо рукоятку контроллера поставить в положение *ФП* и вернуть в положение *РП* и т. д.

При автоматическом наборе позиций рукоятку контроллера нужно поставить в положение *АП*. В этом случае катушки реле 265, 266 получают постоянно питание от провода 39, а катушка 208 — от провода *Н33*, происходит безостановочное вращение серводвигателя до 33-й позиции.

Для ручного сброса одной позиции следует рукоятку контроллера перевести в положение *РВ*. При этом теряется питание провод *Э3*, контактор *206* отключается и реверсирует серводвигатель в сторону сброса. Катушка *208* получает питание от провода *Н34* через замыкающий контакт реле *266*, размыкающий контакт *206*, замыкающий контакт *ГПП1÷33*, размыкающий контакт *ПР-Р*.

Все операции по переключениям реле 266 и контактора 208 аналогичны, как и при ручном наборе позиции. Таким образом,

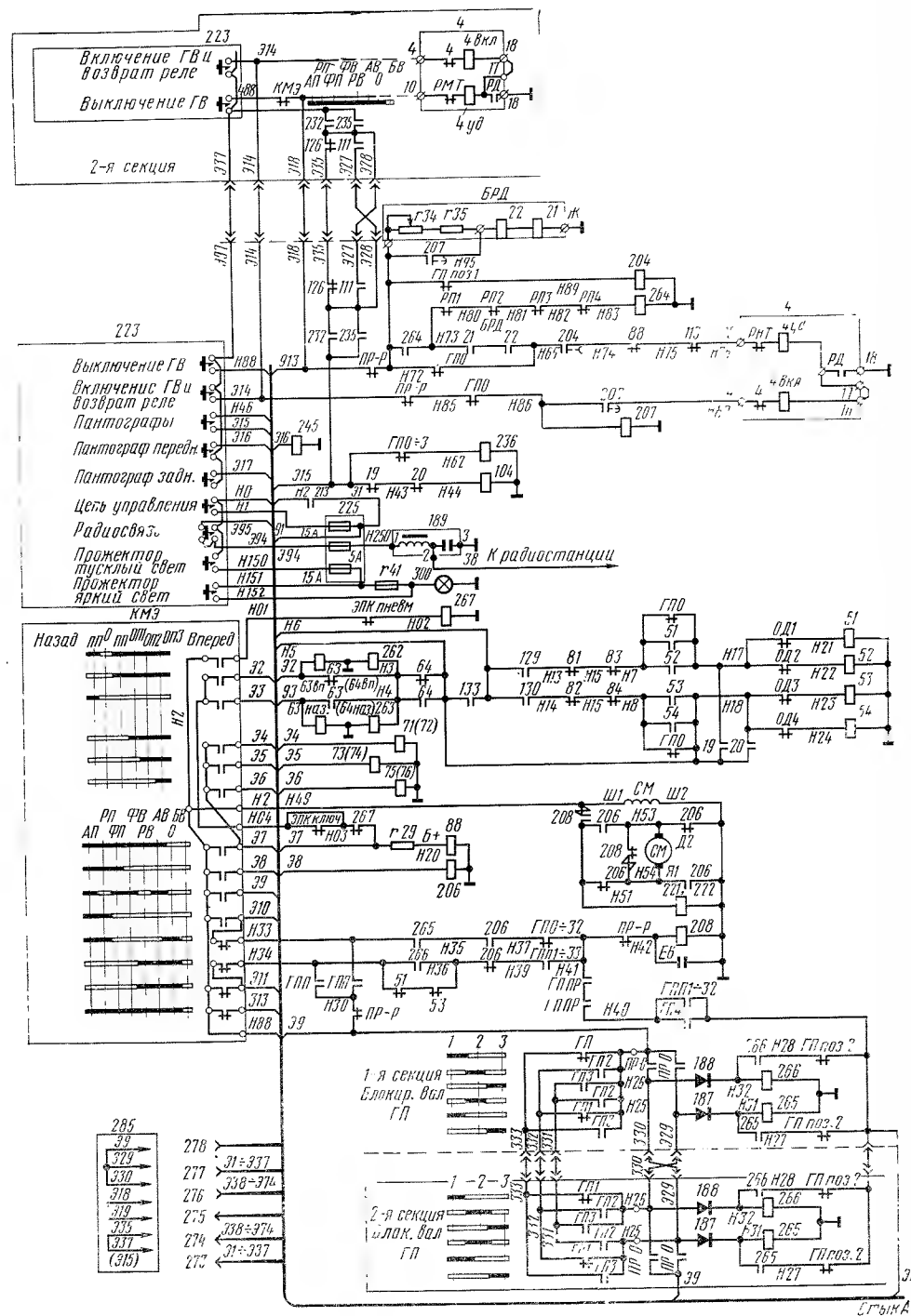


Рис. XIII-34. Схема цепей управления тяговыми двигателями электровоза ВЛ60к:

КМЭ — контроллер машиниста; 1 — блокировочный вал ГП 1-й секции; 2 — блокировочный вал ГП 2-й секции; ГП — блокировки группового переключателя; ГПП — промежуточные блокировки группового переключателя; ПР — переключатель режимов; СМ — серводвигатель; РД — автоматический выключатель минимального давления; ЭПК — клапан электропневматический; 104 — вентилятор заши-
ты; 187, 188 — выпрямители селеновые; 189 — панель фильтра радиостанции; 204, 207 — реле време-
ны; 206, 208 — контакторы электромагнитные; 264, 267 — реле промежуточные; 282 — выключатель
пневматический; 235 — блокировочное устройство; 245 — клапан токоприемника; 262, 263 — клапаны
нагрузочного устройства; 265, 266 — реле промежуточные (синхронизации)

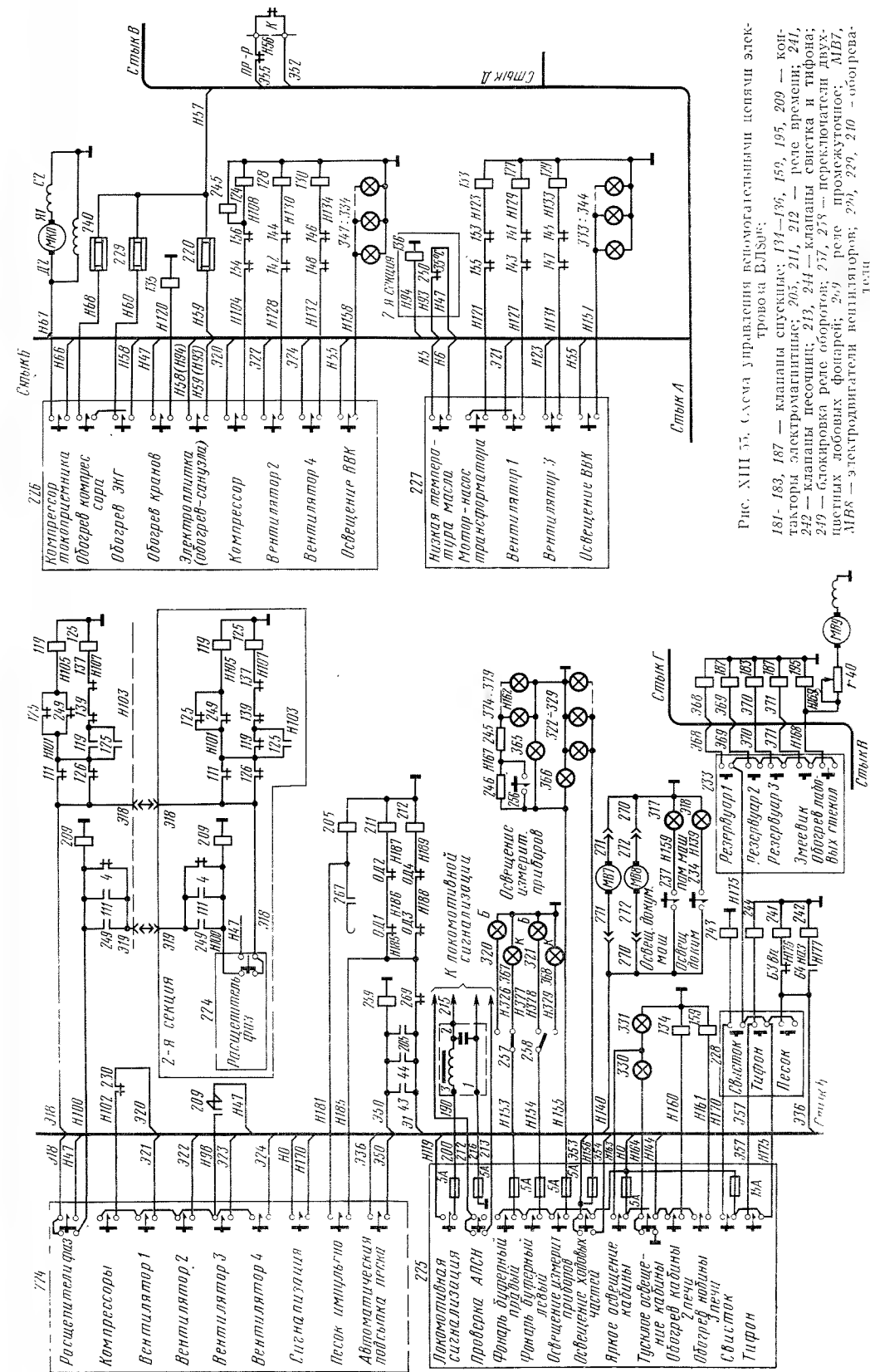


Рис. XIII-35. Схема управления вспомогательными цепями элек-
тровоза ВЛ60к:

181- 183, 187 — клапаны сужающие; 134-136, 159, 195, 209 — кон-
такторы электромагнитные; 205, 211, 212 — реле времени; 241,
242 — клапаны пневматические; 213, 244 — клапаны свистка и тифона;
249 — блокировка реле оборотов; 257, 278 — переключатели двух-
цветных лобовых фонарей; 269 — реле промежуточные; МВ7,
МВ8 — электродвигатели вентиляторов; 229, 229, 210 — блокирова-

10341

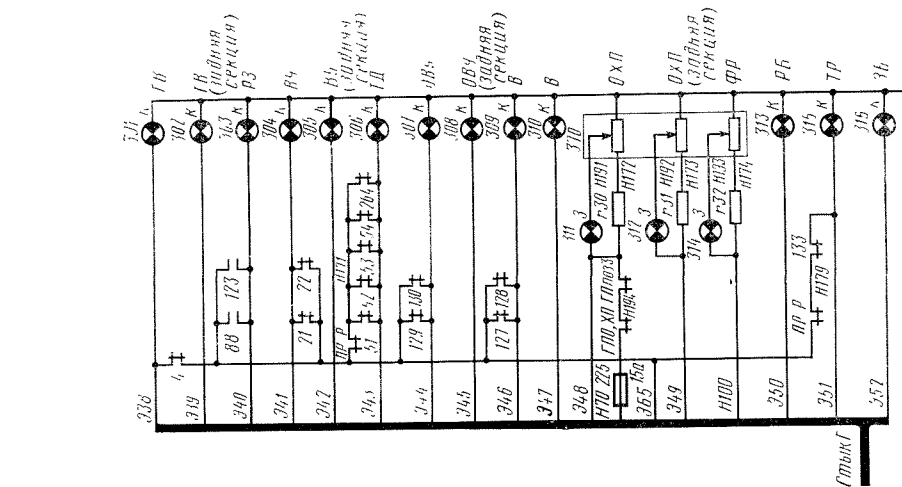


Рис. XIII 56. Схема цепей сигнализации электровоза ВЛ80к

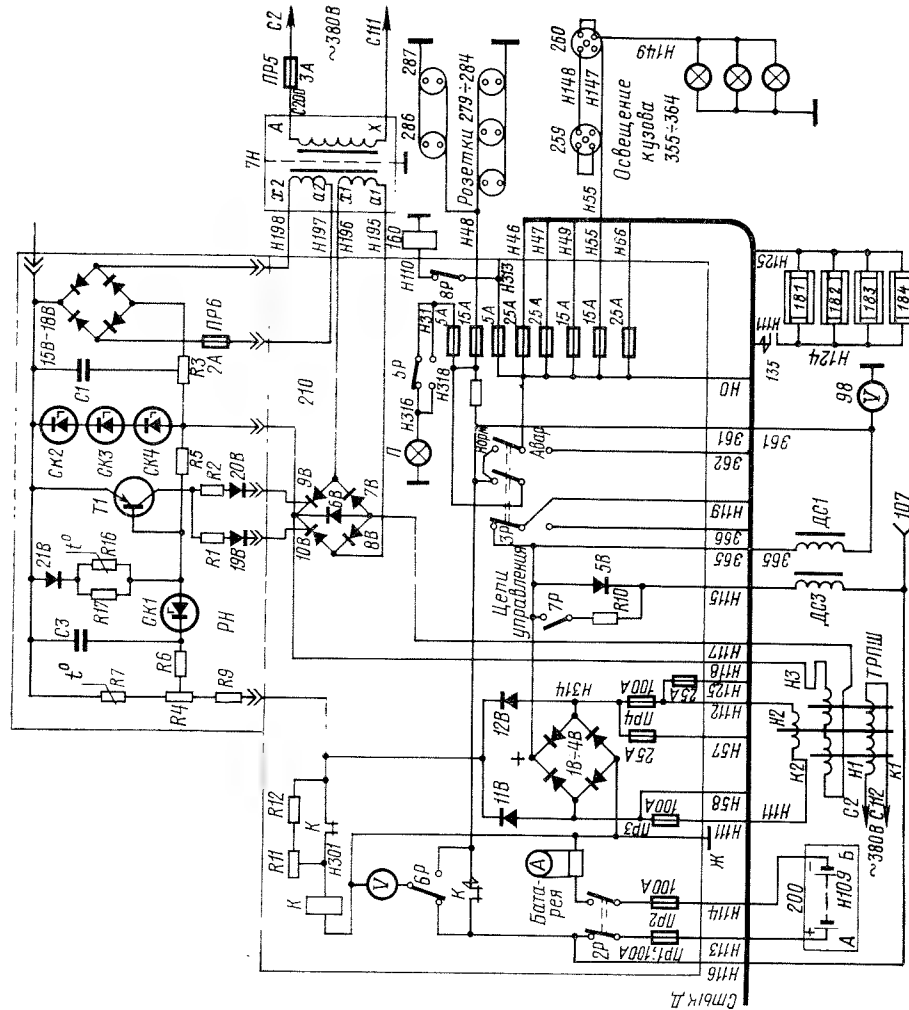


Рис. XIII 57. Схема распределительного щита и подстанции аккумуляторной батареи электровоза ВЛ80к: ДС1, ДС2 — диоды; ДС3 — диод; ДС4 — диод; ДС5 — диод; ДС6 — диод; ДС7 — диод; ДС8 — диод; ДС9 — диод; ДС10 — диод; ДС11 — диод; ДС12 — диод; ДС13 — диод; ДС14 — диод; ДС15 — диод; ДС16 — диод; ДС17 — диод; ДС18 — диод; ДС19 — диод; ДС20 — диод; ДС21 — диод; ДС22 — диод; ДС23 — диод; ДС24 — диод; ДС25 — диод; ДС26 — диод; ДС27 — диод; ДС28 — диод; ДС29 — диод; ДС30 — диод; ДС31 — диод; ДС32 — диод; ДС33 — диод; ДС34 — диод; ДС35 — диод; ДС36 — диод; ДС37 — диод; ДС38 — диод; ДС39 — диод; ДС40 — диод; ДС41 — диод; ДС42 — диод; ДС43 — диод; ДС44 — диод; ДС45 — диод; ДС46 — диод; ДС47 — диод; ДС48 — диод; ДС49 — диод; ДС50 — диод; ДС51 — диод; ДС52 — диод; ДС53 — диод; ДС54 — диод; ДС55 — диод; ДС56 — диод; ДС57 — диод; ДС58 — диод; ДС59 — диод; ДС60 — диод; ДС61 — диод; ДС62 — диод; ДС63 — диод; ДС64 — диод; ДС65 — диод; ДС66 — диод; ДС67 — диод; ДС68 — диод; ДС69 — диод; ДС70 — диод; ДС71 — диод; ДС72 — диод; ДС73 — диод; ДС74 — диод; ДС75 — диод; ДС76 — диод; ДС77 — диод; ДС78 — диод; ДС79 — диод; ДС80 — диод; ДС81 — диод; ДС82 — диод; ДС83 — диод; ДС84 — диод; ДС85 — диод; ДС86 — диод; ДС87 — диод; ДС88 — диод; ДС89 — диод; ДС90 — диод; ДС91 — диод; ДС92 — диод; ДС93 — диод; ДС94 — диод; ДС95 — диод; ДС96 — диод; ДС97 — диод; ДС98 — диод; ДС99 — диод; ДС100 — диод.

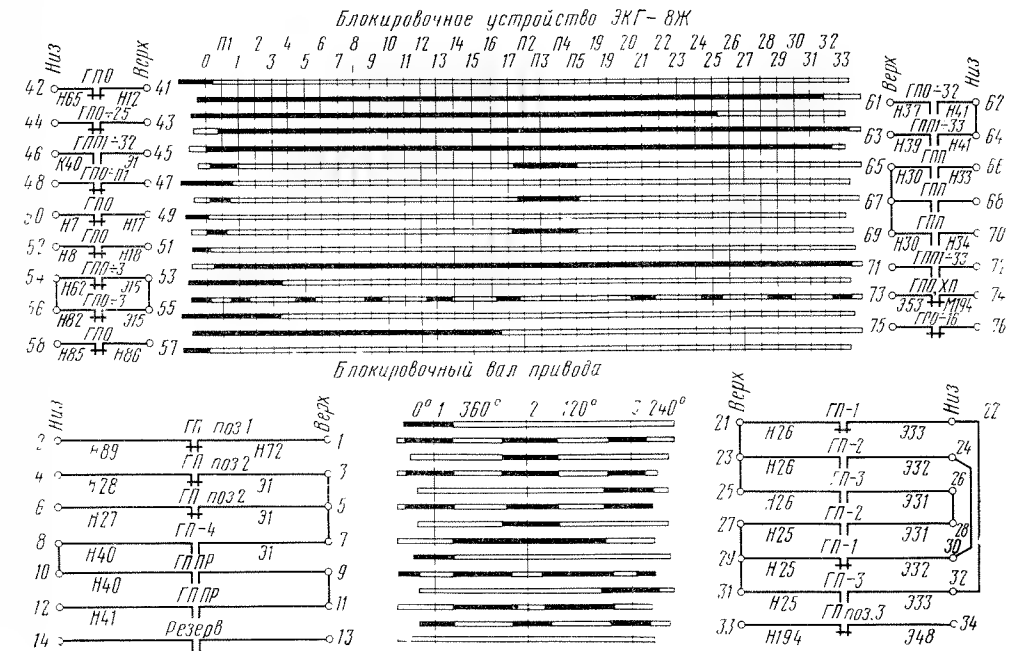


Рис. XIII 58. Система блокировок ЭКГ-ВЖ

сброс позиции осуществляется поочередной перестановкой главной рукоятки контроллера в положение РВ и ФВ. При автоматическом сбросе позиций необходимо рукоятку контроллера поставить в положение АВ.

Для синхронной работы ЭКГ-8Ж двух секций на рейке блока тягового трансформатора установлены переключки: на первой секции — между проводами Э9 и Н25, Э9 и Н26; на второй секции — между Н25 и Э29, Н26 и Э30. Блок-контакты ЭКГ-8Ж ГП1, ГП2, ГП3 находятся на валу, который делает один оборот при повороте вала силовых контакторов на три позиции.

При постановке рукоятки контроллера в положение ФП или ФВ, когда оба ЭКГ находятся на одной и той же позиции (например, 0), одновременно получают питание реле 265 и 266 обеих секций по следующим цепям:

первая цепь — провод Э9, перемычка на рейке с проводом Н25, блок-контакт ГП1 по проводу Э32 во вторую секцию, блок-контакт ГП1, провод Н25, перемычка на рейке с проводом Э29, выпрямитель 187, провод Н31, катушка реле 265 второй секции. Провод Э29 перекрещивается с проводом Э30 в межсекционном соединении и через выпрямитель 188, провод Н32 включается реле 266 первой секции. После включения реле их катушки получают питание от провода Э1 через блок-контакты ГП2 и ГП3 и собственные замыкающие блокировки;

вторая цепь — провод Э9, перемычка на рейке с проводом Н26, блок-контакт ГП1, по проводу Э33 во вторую секцию, блок-контакт ГП1, провод Н26, перемычка на рейке с проводом Э30, вентиль 188, провод Н32, катушка реле 266 второй сек-

ции. Провод Э30 перекрещивается с проводом Э29 в межсекционном соединении и через выпрямитель 187, провод Н31 включается реле 265 первой секции. После включения реле их катушки получают питание от провода Э1 через блок-контакт ГП2 и собственные замыкающие блокировки. Следовательно, при нахождении обоих ЭКГ на одной и той же позиции замыкающие контакты реле 265 и 266 в цепи катушки серводвигателя 208 разрешают набор и сброс позиций в обеих секциях.

В случае быстрого перевода главной рукоятки контроллера возможно рассогласование ЭКГ на одну позицию. В этом случае в секции, где переключатель опережает, включается только реле 266, разрешающее сброс позиций, а в секции, где переключатель отстаёт, включается только реле 265, разрешающее набор позиций. При дальнейшем наборе или сбросе позиций

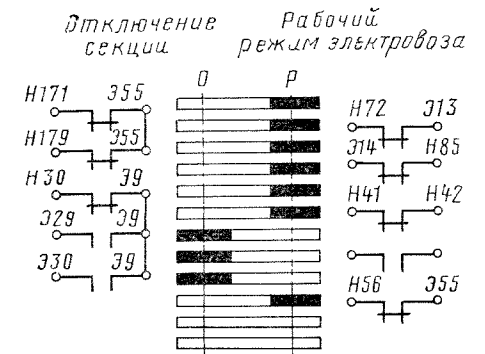
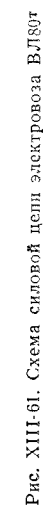
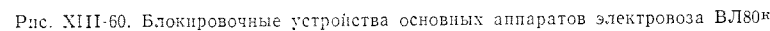


Рис. XIII 59. Диаграмма замыкания контактов переключателя режимов электровоза ВЛ80к

Селеновые выпрямители 187, 188 служат для ликвидации «паразитных» цепей катушек реле 265, 266 при работе ЭКГ по системе двух единиц.

разъединить межсекционные штепсельные соединения;

штепсель 277 вставить в розетку 285
своей секции, а штепсели 276, 278 — в лож-



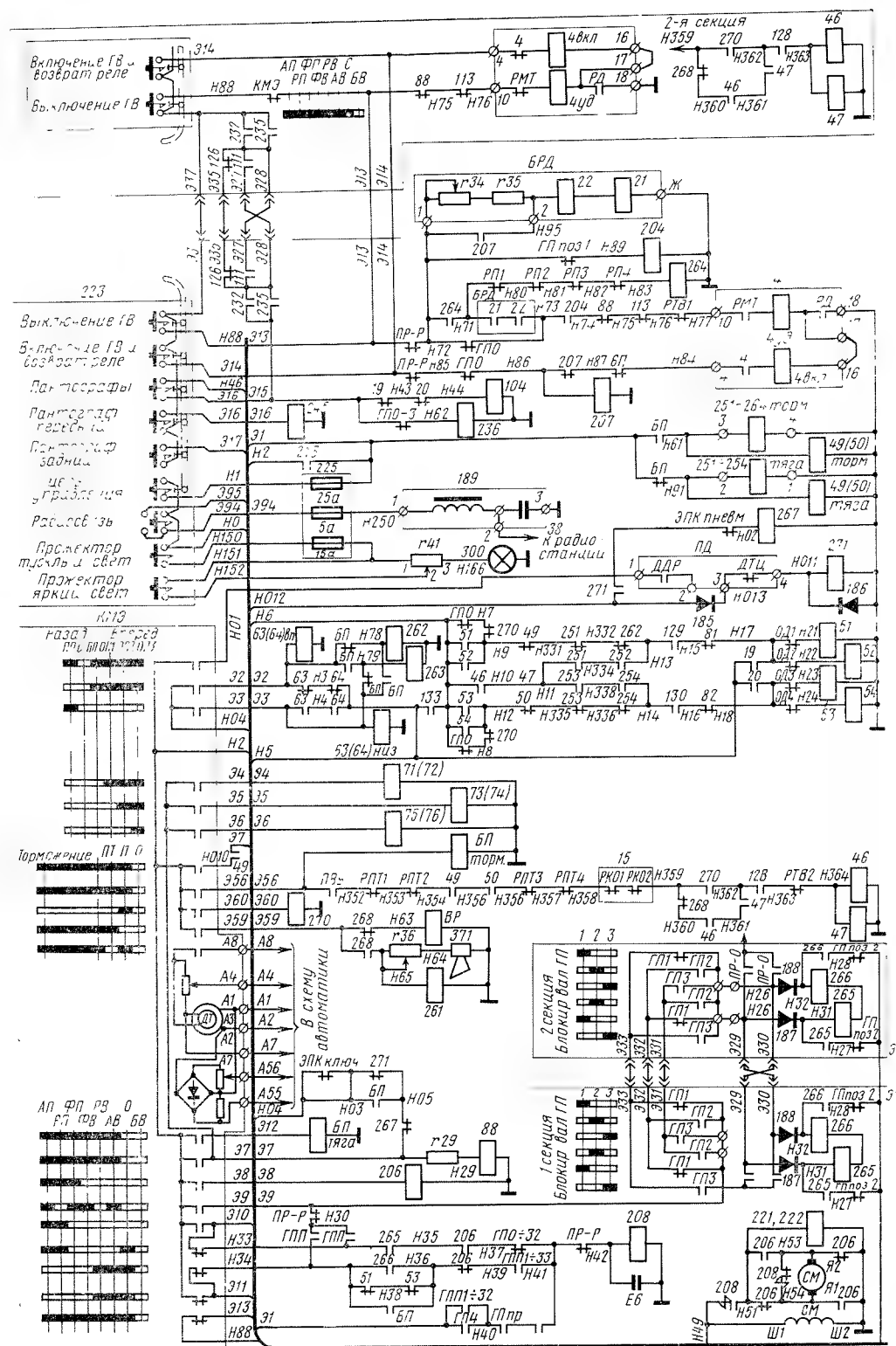


Рис. XIII-62. Схема цепей управления тяговыми двигателями электровоза ВЛ80Т

ные розетки, не допуская перекручивания кабеля более чем на 180°;

штепсель 95 вставить в розетку 96 своей секции;

снять высоковольтные перемычки между секциями на крыше электровоза.

При аварии в какой-либо из секций электровоза выключение ее из работы осуществляется поворотом рукоятки переключателя режимов *ПР* этой секции в положение *Отключение секции*.

Схемы силовой цепи и цепей управления тяговыми двигателями электровоза ВЛ80Т показаны на рис. XIII-61 и XIII-62.

XIII-8. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА ВЛ60К

Схема силовой цепи. Эта схема электровоза ВЛ60К во многом унифицирована со схемой силовой цепи электровоза ВЛ80К и поясняется рис. XIII-63*. Диаграмма замыкания силовых контактов группового переключателя ЭКГ-8В приведена на рис. XIII-64, а переключателя вентилей и реверсора на рис. XIII-65.

Защита силовой цепи в аварийных режимах выполнена так же, как на электровозе ВЛ80К. На электровозе ВЛ60К ток срабатывания ГВ составляет 400 ± 20 А, а реле перегрузки тяговых двигателей — 800 ± 40 А.

Схемы вспомогательных высоковольтных цепей. Напряжение холостого хода обмотки собственных нужд трансформатора при напряжении контактной сети 25 кВ между выводами *x* — 0 (рис. XIII-66) составляет 210 В, на выводах *x* и *a* — 399 В.

Для облегчения пуска и условий работы *МК1*, *МК2*, *МВ1* — *МВ6* с их включением одновременно подключаются между двигательной и генераторной фазами *ФР1* и *ФР2* дополнительные конденсаторы 165—172. Защита вспомогательных цепей выполнена, как на электровозе ВЛ80К.

Вспомогательные цепи защищены от коротких замыканий предохранителем 113 с током срабатывания 850 А. При замыкании вспомогательных цепей на «землю» срабатывает реле 123, действующее на сигнальную лампу.

Схемы цепей управления (рис. XIII-67, XIII-68, XIII-69, XIII-70). Синхронная работа ЭКГ электровозов, отключение при необходимости цепей управления ведущего или ведомого электровоза без разрыва межэлектровозных соединений осуществляются переключателем режимов *ПР*. Рукоятка *ПР* имеет следующие положения: *Самостоятельная езда* (одиночная работа электровоза); *Система 1*, *Система 2* (при работе по системе многих единиц *ПР* на ведущем электровозе устанавливается в положение *Система 1*, на ведомом — *Система 2*); *Отключен первый электровоз* (при необходимости отключения ведущего

электровоза *ПР* на нем устанавливается в указанное положение, а на ведомом электровозе остается в положении *Система 2*).

Ручной и автоматический сброс позиций осуществляются так же, как на электровозе ВЛ80К. В связи с наличием переключателя режимов изменены цепи синхронизации работы ЭКГ в случае управления электровозами по системе многих единиц.

XIII-9. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА ЧС4

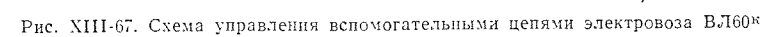
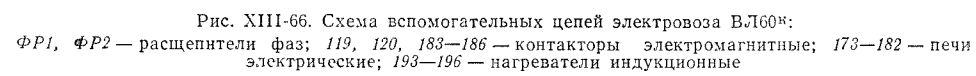
Схема силовой цепи. Напряжение из контактной сети к тяговому трансформатору 015 (рис. XIII-71) подводится через токоприемник 001 или 002 с соответствующими крышевыми разъединителями 003, главный выключатель 006 и проходной изолятор 004. Внутри кузова электровоза высокое напряжение подводится к выводу *D32* обмотки автотрансформатора 015. В случае снижения напряжения контактной сети до 12 кВ высоковольтный ввод необходимо пересоединить с вывода *D32* на вывод *D19*. Земляной вывод обмотки автотрансформатора *D0/sD0* связан с рельсами через установленные на колесных парах заземляющие щетки.

В корпуса проходных изоляторов высоковольтных и земляного выводов смонтированы измерительные трансформаторы тока 008, 009 и 010, являющиеся датчиками защитных реле, воздействующих на отключение ГВ.

Обмотка автотрансформатора имеет 33 вывода для регулирования напряжения тяговых двигателей. Первичная нерегулируемая обмотка тягового трансформатора 015, в соответствии с положением контроллера машиниста подключается высоковольтным переключателем ступеней (ПС) 015, на один из выводов обмотки автотрансформатора. Конструкция ПС обеспечивает 32 ступени напряжения переключением в определенной последовательности группы контакторов с дугогашением и кругового избирателя, расположенного в масляной ванне. Тяговый трансформатор имеет постоянный коэффициент трансформации, и изменение напряжения на первичной обмотке вызывает соответствующее изменение напряжения двух вторичных обмоток (от 0 до 1040 В в режиме холостого хода).

Вторичные обмотки тягового трансформатора заземлены через делители напряжения 122 и 123, реле заземления подключены к их средним точкам. Вторичные обмотки через болтовые отключатели 035, 036 соединены с тяговыми выпрямительными установками (ВУ) 020 и 022, от каждой из которых питается группа из трех параллельно включенных тяговых двигателей 050—052 и 053—055. Защита ВУ от перенапряжений осуществляется контурами *РС* с предохранителями (114—117), а от токовых перегрузок — главным выключателем.

* Здесь и далее остальные обозначения в электрических схемах совпадают с обозначениями схем электровоза ВЛ80К.



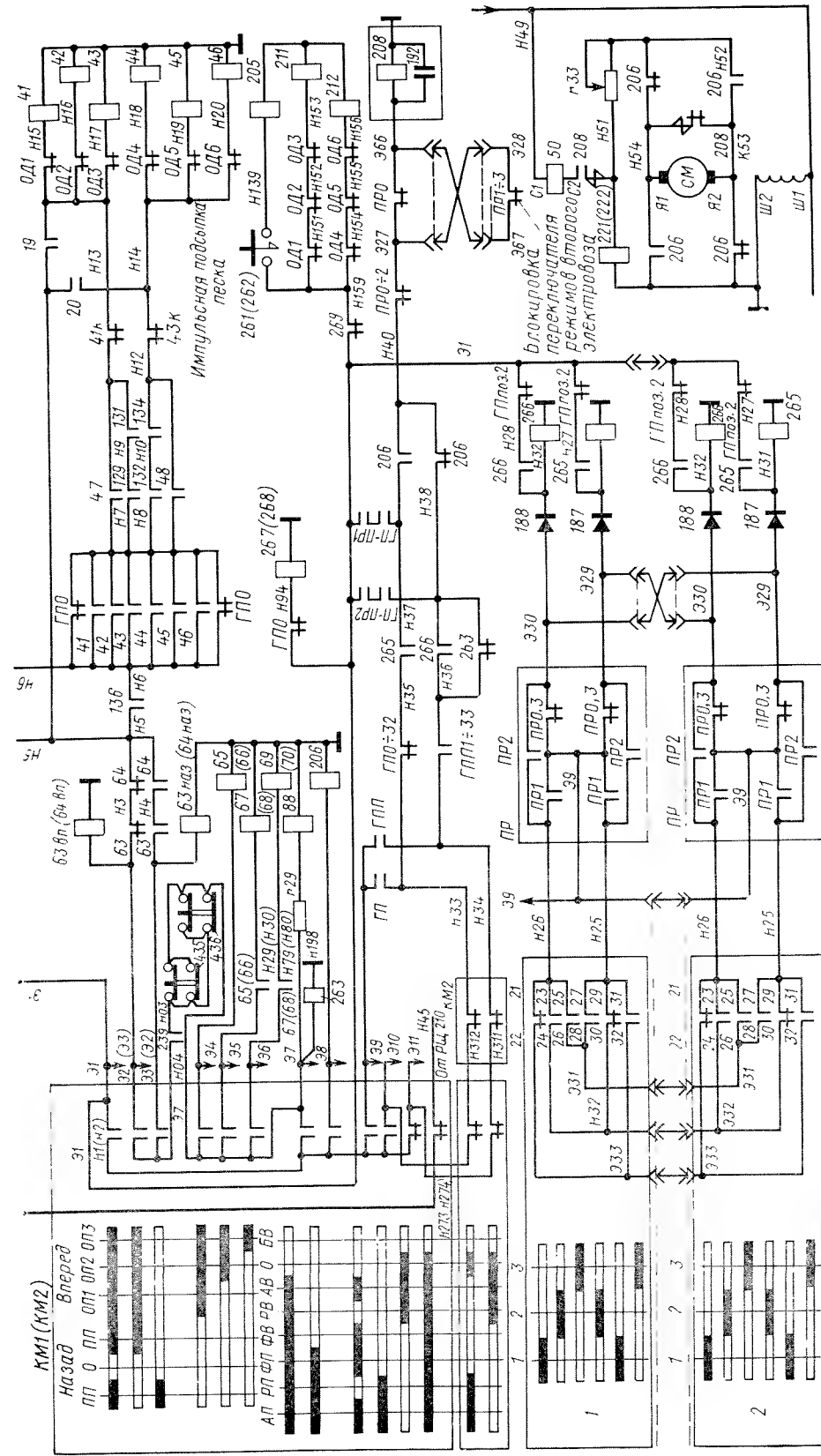
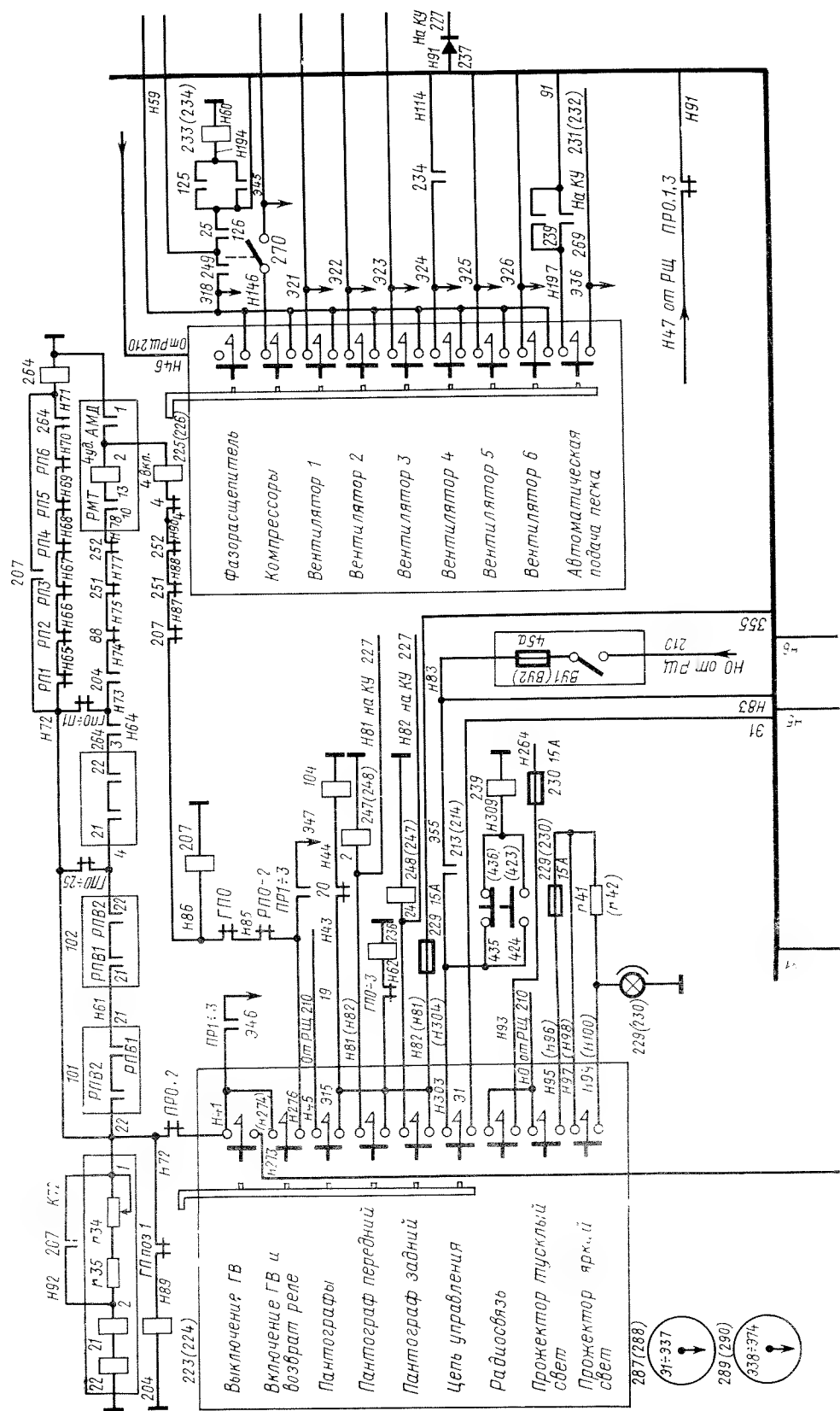


Рис. XIII-68. Схема цепей управления тяговыми двигателями электровоза ВЛ60к:

КМ1 (КМ2) — контроллеры машиниста; 1 — блокировка синхронизации ЭКГ первого электровоза; 2 — блокировка синхронизации ЭКГ второго электровоза; 101, 102 — блоки защиты выпрямительных установок; РПВ1 — реле пробоя вентилей в блоке 101; РПВ2 — реле пробоя вентилей в блоке 102; 251, 252 — блокировки штор высоковольтной камеры

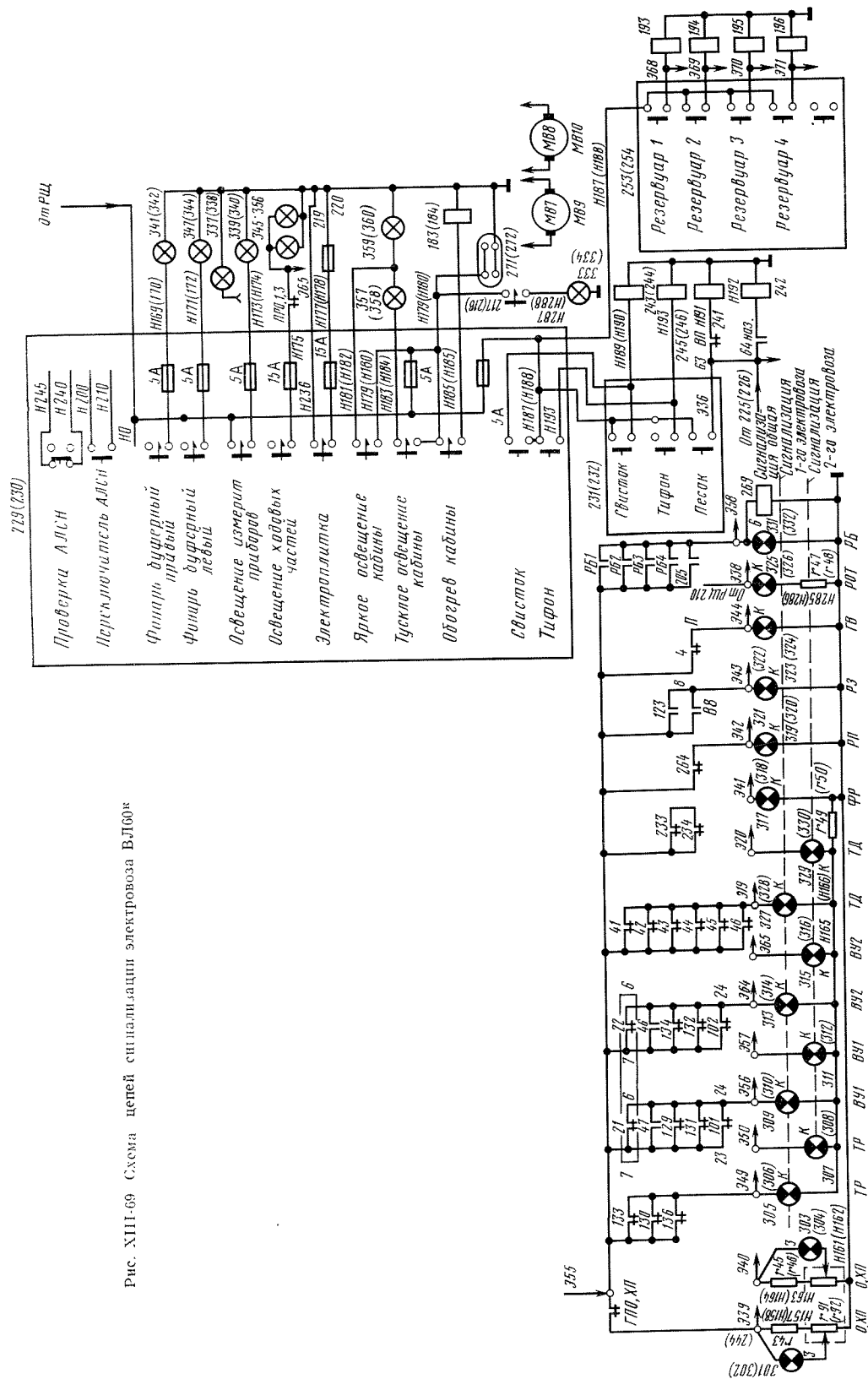


Рис. XIII-69. Схема цепей сигнализации электровоза ВЛ60к

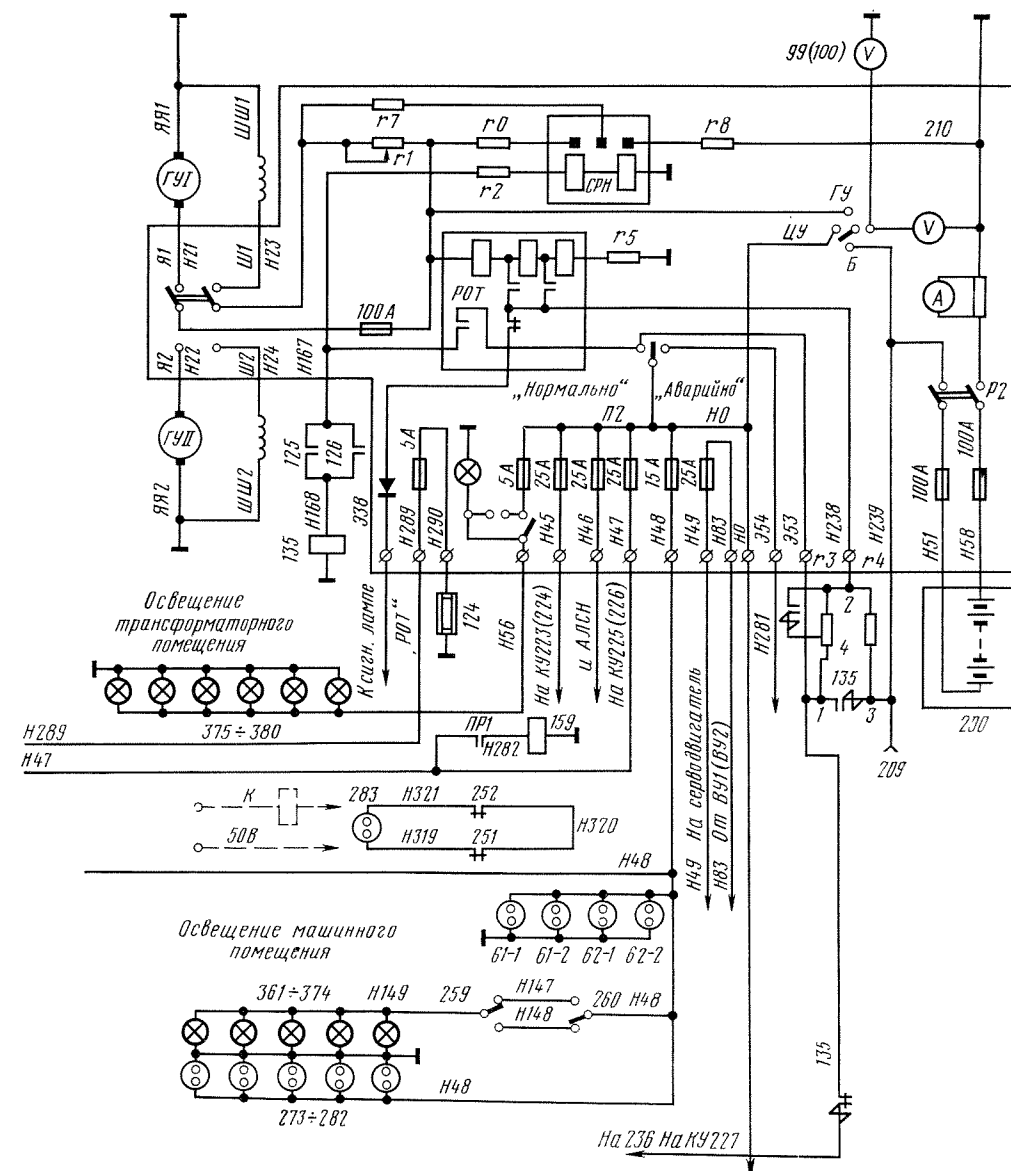


Рис. XIII-70. Схема распределительного щита электровоза ВЛ60к:
ГУ1, ГУ2 — генераторы управления; СРН — регулятор напряжения; РОТ — реле обратного тока

Между ВУ и тяговыми двигателями находятся переключатели *Езда — Выключено* 071, ножевые контакты которых расположены как со стороны якоря, так и со стороны обмотки возбуждения. Предусмотрена возможность отключения любого тягового двигателя; при этом допускается езда без ограничения позиций регулирования, включая ступени ослабления поля. Может быть отключено до пяти тяговых двигателей.

Параллельно обмоткам возбуждения каждого тягового двигателя включены резисторы для создания обходных цепей высшим гармоникам тока. Этим обусловлено ослабление поля до 95,5%. Регулирование ослабления возбуждения производится

включением в определенной последовательности контактов 061 — 063 (рис. XIII-72). При этом могут быть получены ступени ОП с $\beta_1 = 72\%$, $\beta_2 = 60\%$, $\beta_3 = 51\%$, $\beta_4 = 44\%$ и $\beta_5 = 40\%$.

Сглаживание пульсаций выпрямленного тока осуществляется общими для тяговых двигателей одной тележки трехобмоточными сглаживающими реакторами 080 и 081. В цепях тяговых двигателей 2 и 5 имеются устройства 045 — 048, служащие для подключения к ним источника постоянного тока при вводе и передвижении электровоза в депо. К плюсовым шинам каждой пары тяговых двигателей подключены магнитные усилители 111, 112 и 113, служащие датчиками дифферен-

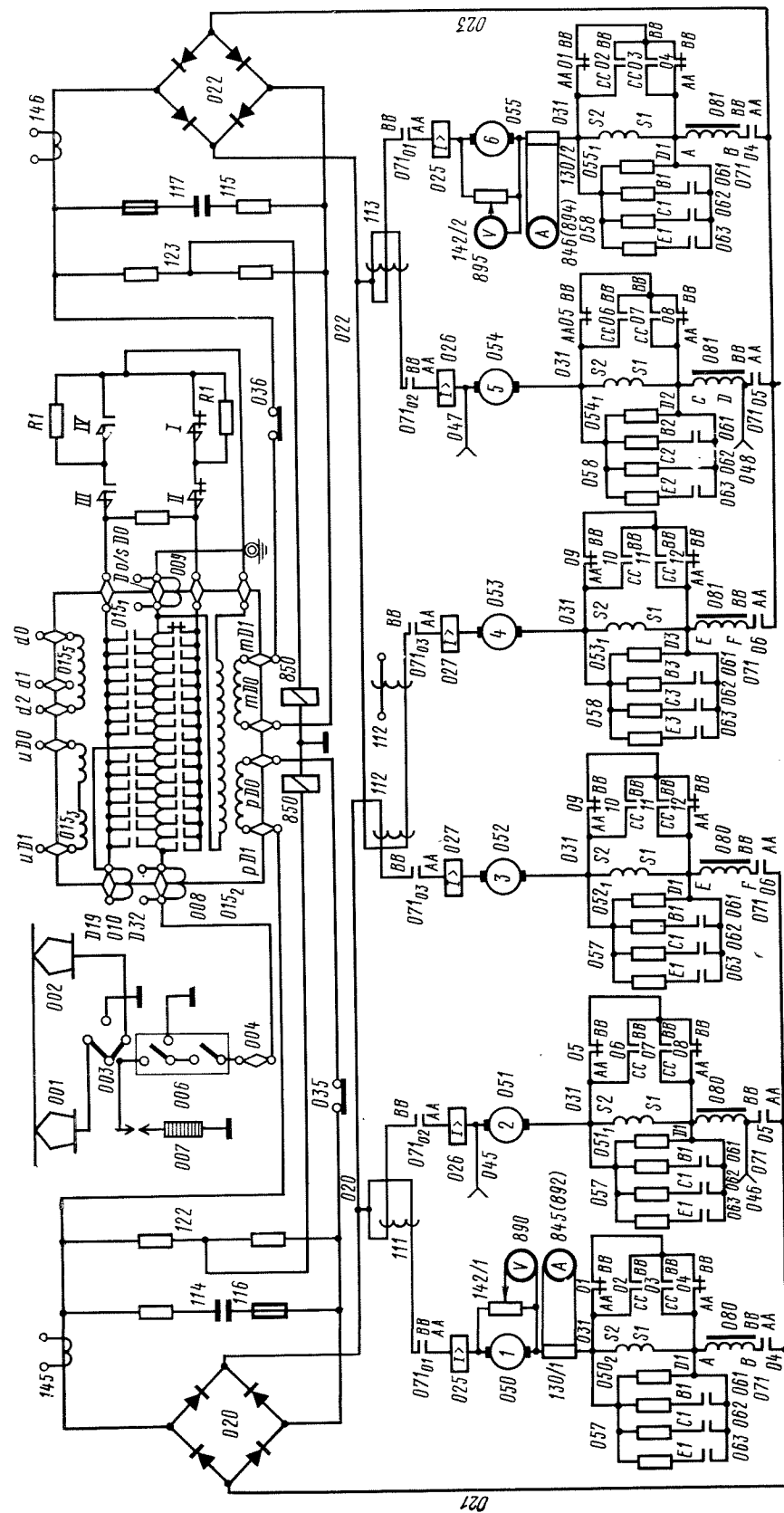


Рис. XIII-71. Схема силовой цепи электровоза ЧС4.

001, 002 — токоприемники; 003 — блок разединителей токоприемников с заземлителем; 004 — проходной изолятор; 005 — главный выключатель; 006 — высоковольтный разрядник; 008, 009, 010 — трансформаторы тока; 015 — тяговый трансформатор; 025—027 — реле перегрузки тяговых двигателей; 031 — реверсор; 036 — отключатель тяговых выпрямительных установок; 045—048 — устройства для ввода электроваз в депо от источника постоянного напряжения; 050—055 — тяговые двигатели; 057, 058 — резисторы ослабления поля; 061—063 — контакторы ослабления поля; 071 — переключатели и отключатели тяговых двигателей; 111—113 — датчики бокового скольжения колесных пар; 114—117 — блоки емкостной защиты; 122, 123 — резисторы реле заземления; 130 — измерительные шунты; 142 — резисторы вольтметра; 145, 146 — трансформаторы тока защиты тяговых цепей от перегрузок; 845, 846, 892, 894 — амперметры; 890, 895 — вольтметры; 850 — блок защиты

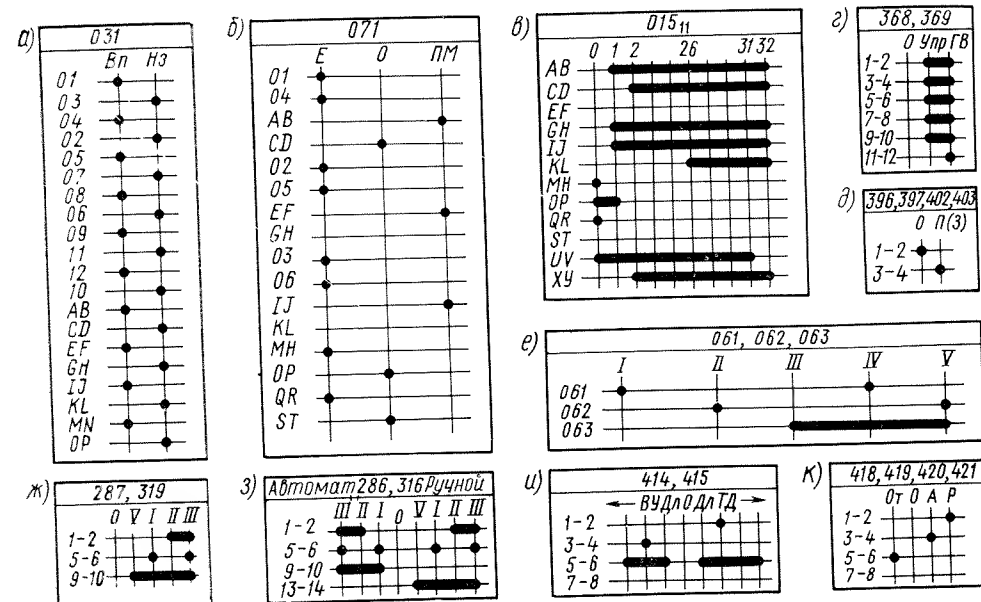


Рис. XIII-72. Диаграммы замыкания контактов:

а — реверсоров 031; б — переключателей Езда — Выключено 071; в — блокировочного барабана 015₁₁; г — выключателей управления 368, 369; д — выключателей токоприемников 396, 397, 402, 403; е — контакторов 061, 062, 063; ж — выключателей обогревателей лобовых окон 287, 319; з — выключателей калориферов в кабинах 286, 316; и — выключателей мотор-вентиляторов 414, 415; к — выключателей мотор-компрессоров 418, 419, 420, 421

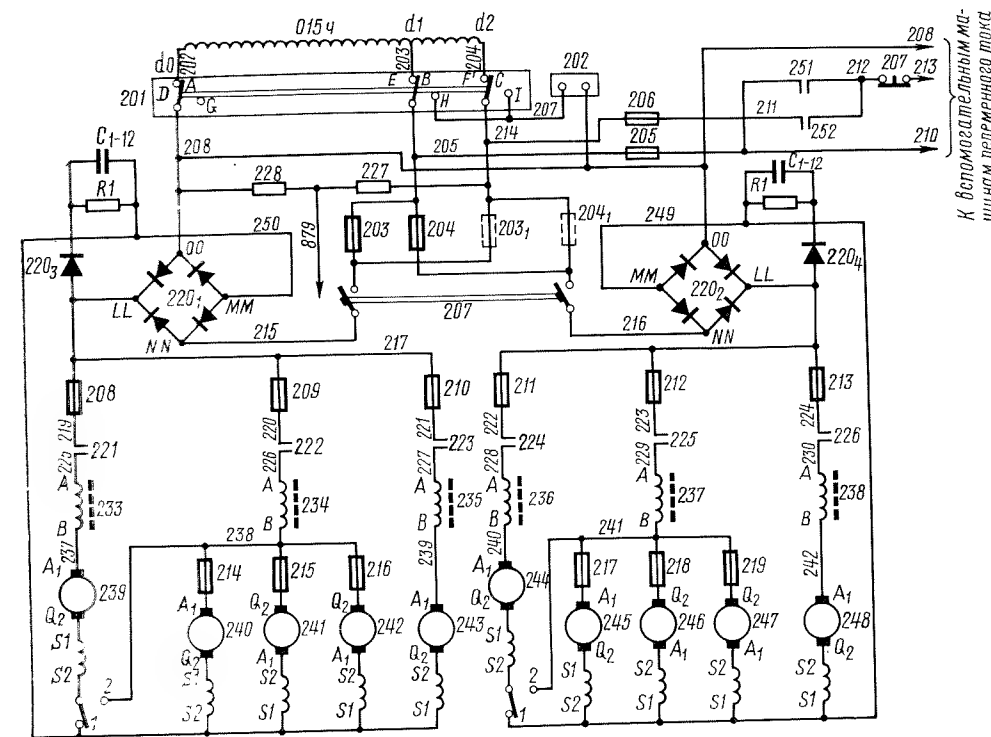


Рис. XIII-73. Схема цепей вспомогательных машин электровоза ЧС4, питающихся выпрямленным током:

015₄ — обмотка вспомогательных машин тягового трансформатора; 201 — панель с переключателем напряжения собственных нужд; 202 — устройство для питания вспомогательных цепей от постоянного источника переменного напряжения; 207 — выключатель вспомогательных цепей; 220₁, 220₂ — выпрямительные установки вспомогательных машин; 220₃, 220₄ — блоки емкостной защиты; 221—226 — контакторы вспомогательных машин; 227, 228 — резисторы реле заземления вспомогательных цепей; 239, 244 — двигатели вентиляторов тяговых двигателей; 240, 245 — двигатели вентиляторов резисторов ослабления поля, сглаживающих реакторов и маслоохладителей трансформатора; 241, 242, 246, 247 — двигатели вентиляторов выпрямительных установок; 243, 248 — двигатели компрессоров; 251, 252 — контакторы автоматического переключения цепей питания вспомогательного привода

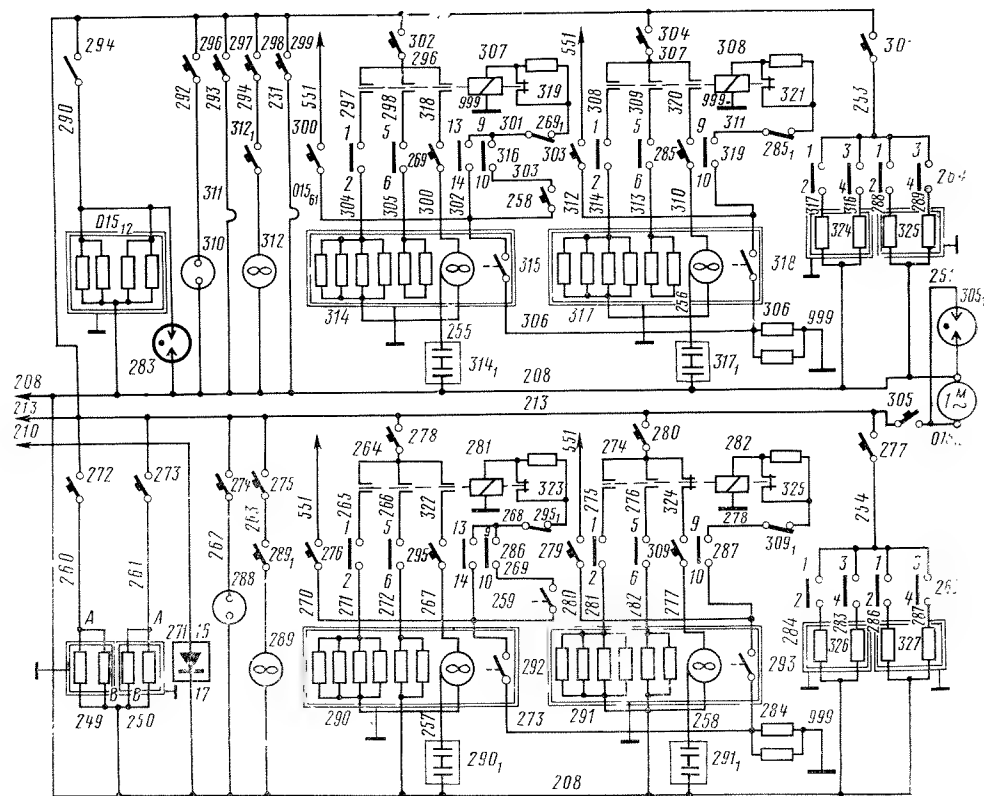


Рис. XIII-74. Схема цепей вспомогательных машин электровоза ЧС4, питающихся переменным током:

015₁₂ — нагревательные элементы в тяговом трансформаторе; 015₁₅ — устройство фильтрации масла в переключателе ступеней; 015₁₆ — нагревательный элемент для пневмодвигателя переключателя ступеней; 249, 250 — обогреватели спусковых кранов; 255, 256, 264, 265, 286, 287, 316, 319 — тумблеры калориферов; 258, 259, 292, 293, 315, 318 — термостаты в цепях калориферов; 269, 272—280, 255, 294—305, 309 — автоматические защитные выключатели; 271 — зарядное устройство аккумулятора; 281, 282, 307, 308 — контакторы калориферов; 283, 305 — сигнальные лампы; 284, 306 — защитные резисторы; 288, 310 — розетки переменного тока; 289, 312 — вентиляторы кабин; 290, 314 — калориферы кабин; 291, 317 — калориферы стеклообогревателей кабин; 324—327 — элементы для обогрева ног в кабинках

сигнальных реле боксования. Последовательно с каждым тяговым двигателем включены реле перегрузки 025 — 027.

Вспомогательные высоковольтные цепи (рис. XIII-73, XIII-74). Питание вспомогательных цепей производится от вспомогательной обмотки 015₄ тягового трансформатора, имеющей три вывода d0, d1, d2. Номинальное напряжение между выводами d0 — d1 равно 213 В, между выводами d0 — d2 составляет 260 В. Все три вывода соединены с панелью 201. Расположенный на этой панели трехполюсный рубильник позволяет подключать вспомогательные цепи либо к выводам вспомогательной обмотки, либо к розетке 202, к которой подводится напряжение 220 В от депоховской сети.

Основные вспомогательные машины — двигатели вентиляторов МВ и компрессоров МК — питаются пульсирующим током. Питающее напряжение через две пары контактов автоматического защитного выключателя 207 подается на два выпрямительных моста, а от них — на электро-

двигатели. Пуск двигателей одноступенчатый, осуществляется однополюсными электромагнитными контакторами 221—226. Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока служат реакторы 233 — 238. Схемой предусмотрено два режима работы вентиляторов: *Зима* — *Лето*.

В зависимости от величины напряжения питания цепи вспомогательных машин пульсирующего тока подключаются либо к выводу d1, либо к выводу d2 (соответствующей перестановкой вручную предохранителей 203, 204).

От переменного напряжения работают также двигатели насосов системы масляного охлаждения тягового трансформатора (рис. XIII-75)*.

Переключение цепей переменного тока при изменении величины питающего

* На электровозах ЧС4 последних выпусков схема цепей электронасосов упрощена в связи с использованием более мощных электродвигателей.

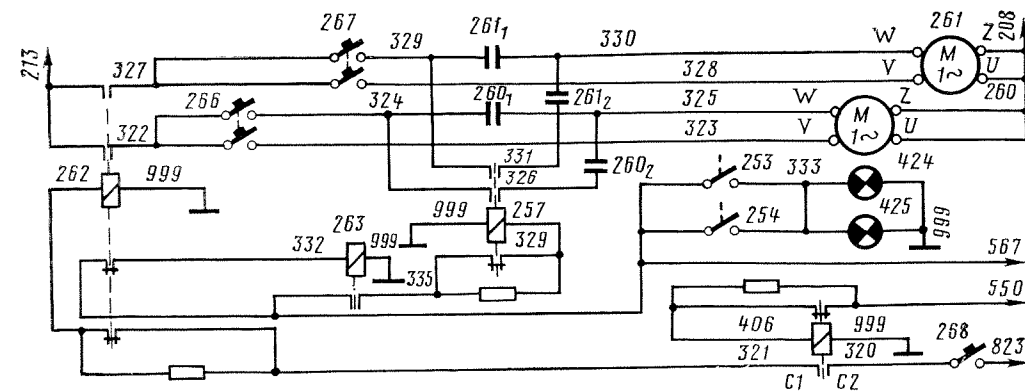


Рис. XIII-75. Схема цепей управления электронасосов для электровоза ЧС4:

253, 254 — маслоустойчивые реле; 257, 262 — контакторы в цепи мотор-насосов; 260, 261 — электродвигатели насосов; 260₁, 261₁ — рабочие конденсаторы в цепи мотор-насосов; 260₂, 261₂ — пусковые конденсаторы в цепи мотор-насосов; 263 — реле времени; 266—268 — автоматические защитные выключатели; 420 — общий контактор цепи управления вспомогательными машинами; 424, 425 — сигнальные лампы на пультах машиниста

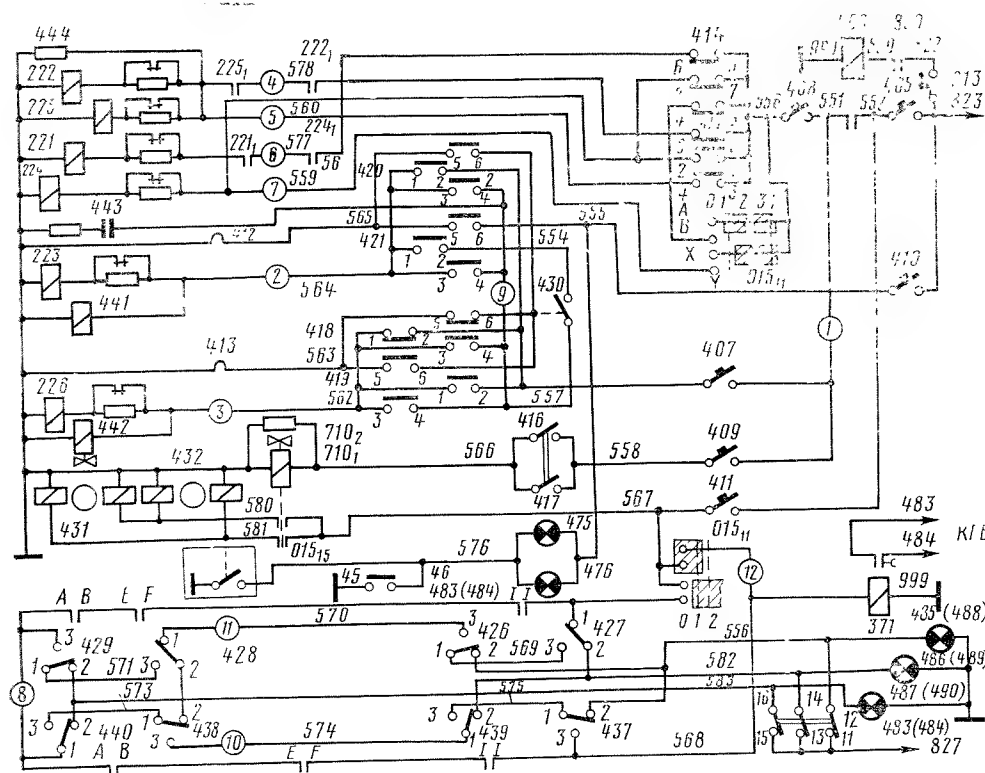


Рис. XIII-76. Схема цепей управления вспомогательными машинами электровоза ЧС4:

015₁₁ — блок-контакты переключателя ступеней; 221—226 — контакторы вспомогательных машин; 371 — реле времени; 405, 407—411, 813 — автоматические защитные выключатели; 406 — общий контактор цепи управления вспомогательными машинами; 412, 413 — нагревательные элементы в картерах компрессоров; 414, 415 — тумблеры Вентиляторы; 416, 417 — выключатели контактора в цепи отопления поезда от электровоза; 418—421 — тумблеры Компрессоры; 420 — регулятор давления компрессоров; 431, 432 — указатели положения контактов отопления поезда от электровоза; 441, 442 — регулировочные вентили компрессоров; 443, 444 — предохранительные цепочки; 475, 476 — сигнальные лампы Прекращение фильтрации масла; 483, 484 — тумблеры для проверки сигнальных ламп на пультах машиниста; 485—490 — сигнальные лампы вентилей; 710 — электропневматический вентиль контактора цепи отопления поезда от электровоза; 710₂ — защитный резистор

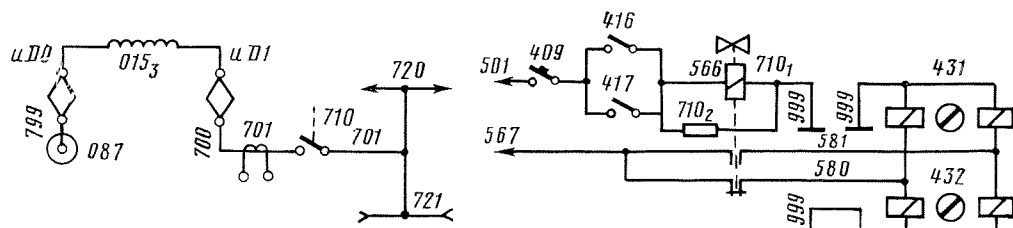


Рис. XIII-77. Схема цепей отопления поезда от электровоза ЧС4:

015₃ — обмотка отопления поезда от электровоза; 087 — заземляющее устройство; 409 — автоматический защитный выключатель; 416, 417 — выключатели контактора 710; 431, 432 — указатели положения контактора 710; 701 — трансформатор; 710 — контактор в цепи отопления поезда от электровоза; 720, 721 — штепсель и розетка устройства для подсоединения цепей отопления

напряжения осуществляется автоматически контакторами 251 и 252 (см. рис. XIII-73).

Схема цепей управления вспомогательными машинами (рис. XIII-76) предусматривает автоматическое включение мотор-вентиляторов *МВ* выпрямительных установок на 1-й позиции контроллера машиниста, а остальных *МВ* — на 2-й позиции.

Возможно также управление *МВ* вручную. Мотор-компрессоры *МК* могут включаться как через регулятор давления, так и в обход регулятора. Имеется электрообогрев картеров компрессоров.

К вспомогательным цепям относятся также цепи отопления состава поезда от электровоза (рис. XIII-77). Высокое напря-

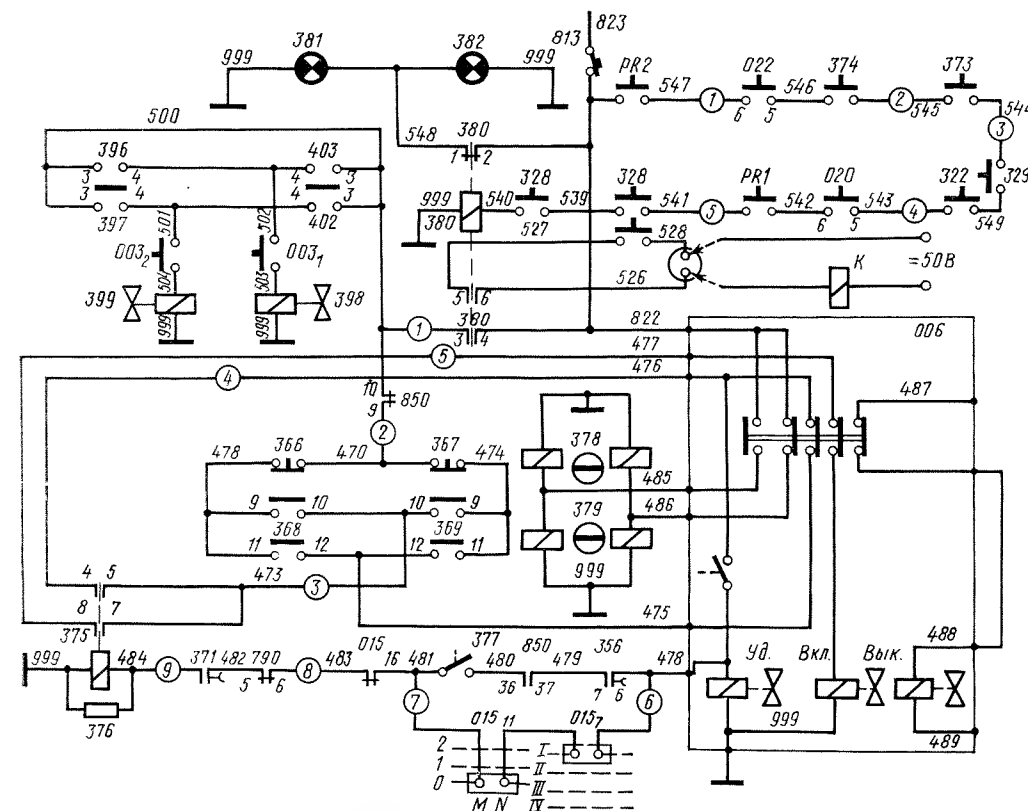


Рис. XIII-79. Схема цепей управления главным выключателем и токоприемниками электровоза ЧС4:

003, 003₂ — блок-контакты разъединителей токоприемников; 006 — главный выключатель; 015₇ — блок-контакты пневматического двигателя переключателя ступеней; 015₁₆ — контакты газового реле тягового трансформатора; 020, 022 — блокировки безопасности выпрямительных установок; PR1, PR2 — блокировки безопасности съёмных щитов шкафов с реверсорами и отключателями тяговых двигателей; 322, 329 — блокировки безопасности разъединителей токоприемников; 328 — блокировки безопасности съёмных щитов шкафа с контакторами и реле; 356, 371 — реле времени; 366, 367 — кнопки выключения ГВ; 368, 369 — выключатели управления; 373, 374 — блокировки безопасности высоковольтной камеры; 375 — реле ГВ; 376 — защитный резистор; 377 — регулятор давления воздуха в магистрали; 378, 379 — указатели положения ГВ; 380 — реле безопасности; 381, 382 — сигнальные лампы реле безопасности; 396, 397, 402, 403 — тумблеры Токоприемники; 398, 399 — электропневматические вентили токоприемников; 790 — вспомогательное реле АЛСН; 813 — автоматический защитный выключатель; 850 — блок защиты

жение подается от специальной обмотки 015₃ тягового трансформатора.

Цепи питания от аккумуляторной батареи и зарядного устройства. Низковольтные цепи получают питание от бесконтактного зарядного устройства со стабилизатором напряжения и щелочной аккумуляторной батареи. К зарядному устройству подводится переменное напряжение 213 В, которое в нем трансформируется, выпрямляется и регулируется на $56 \pm 1,5$ В.

Зарядное устройство можно разделить на две основные части: силовую 271 (рис. XIII-78), состоящую из магнитного усилителя, трансформатора напряжения, выпрямительного моста, собранного из силовых кремниевых вентилей, и управляющую 270, включающую в себя блок с измерительным устройством, управляющую панель (бесконтактный логический элемент со свойствами усилителя) и источник питания.

Аккумуляторная батарея 802 подключена к зарядному устройству через автоматический защитный выключатель 801.

Цепи управления токоприемниками и главным выключателем. При подготовке электровоза к работе сжатый воздух в резервуары управления подается вспомогательным компрессором, электродвигатель которого подключен к аккумуляторной батарее. Воздух из резервуаров управления поступает к вентилям токоприемников 398, 399 (рис. XIII-79), в цепи катушек которых находятся блок-контакты разъединителей токоприемников 003₁ и 003₂. Управление токоприемниками осуществляется с помощью выключателей 396, 397 в первой кабине и 402, 403 во второй.

Включение главного выключателя ГВ производится подачей кратковременного импульса на включающую катушку, после чего силовые контакты ГВ остаются в замкнутом положении благодаря удерживающей катушке. Отключается ГВ при обесточивании удерживающей катушки, в цепи питания которой находятся блок-контакты практически всех защитных аппаратов.

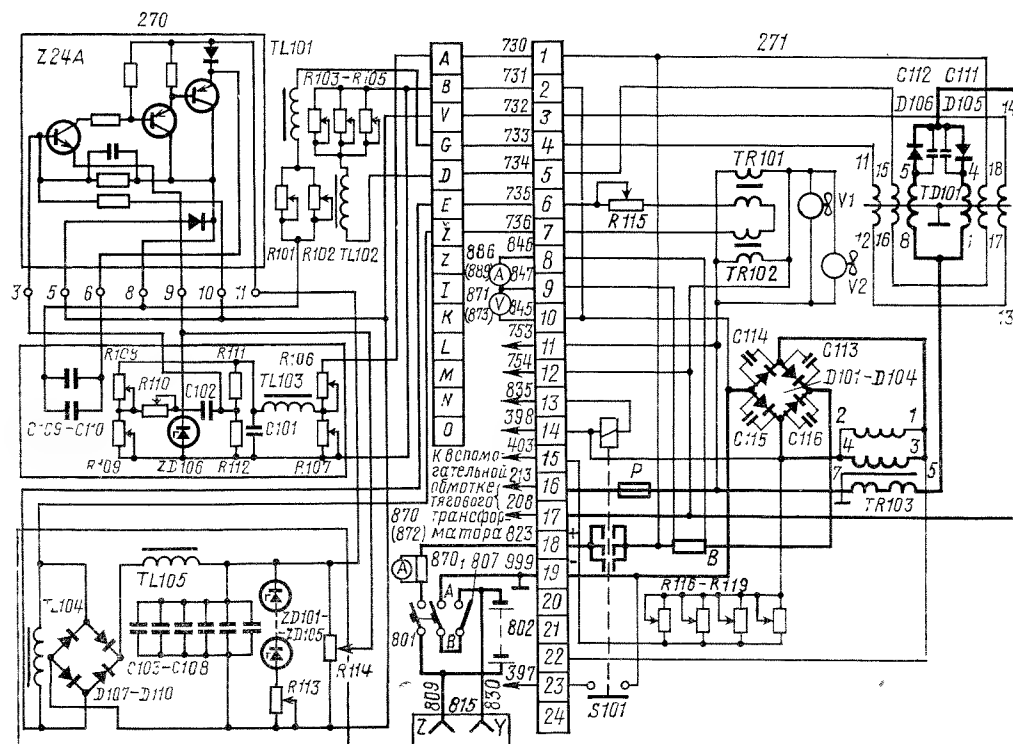


Рис. XIII-78. Схема цепей питания аккумуляторной батареи и зарядного устройства электровоза ЧС4:

270 — шкаф с элементами управления зарядным устройством аккумуляторной батареи и противобоксовочной защиты; 271 — зарядное устройство аккумуляторной батареи; 801 — автоматический защитный выключатель; 807 — переключатель; 815 — розетка для питания от постороннего источника; 870, 872 — амперметры тока аккумуляторной батареи; 871, 873 — вольтметры напряжения аккумуляторной батареи; 886, 889 — амперметры тока стабилизатора

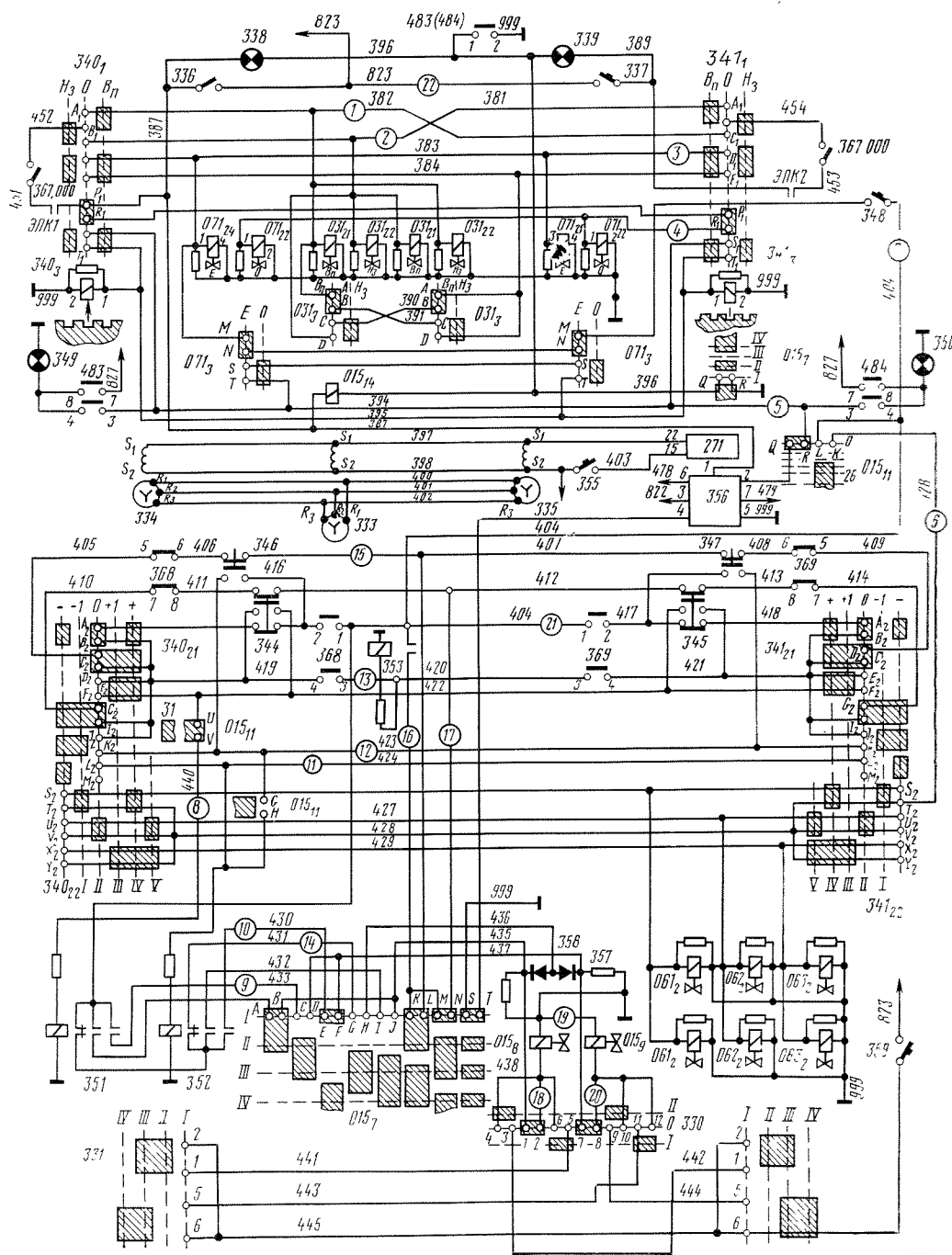


Рис. XIII-80. Схема цепей управления тяговыми двигателями электровоза ЧС4.

015_а, 015_б — электропневматические вентили пневмодвигателя; 015_с — счетчик числа переключений переключателя ступеней; 031_а — блок-контакты реверсоров; 031_{а1}, 031_{а2} — электропневматические вентили реверсоров; 061_а—061_с — электропневматические вентили контакторов ослабления поля тяговых двигателей; 071_а — блок-контакты переключателей Е и О от отключателей тяговых двигателей; 071_{а1}, 071_{а2} — электропневматические вентили; 271 — зарядное устройство аккумуляторной батареи; 330 — тумблер аварийного управления переключателем ступеней; 331, 332 — контроллеры для аварийного управления переключателем ступеней; 333—335 — сельсин-датчик и сельсин-приемники указателя позиций переключателя ступеней; 336, 337, 348, 355, 359 — автоматические защитные выключатели; 338, 339 — сигнальные лампы промежуточного положения переключателя ступеней; 340_а, 341_а — барабаны реверсоров; 340_{а1}, 341_{а1} — барабаны контроллера машиниста для набора и сброса позиций; 340_{а2}, 341_{а2} — барабаны для набора и сброса ступеней ослабления поля тяговых двигателей; 340_б, 341_б — блокировочные защелки реверсоров; 344—347 — кнопки маневровых контроллеров; 349, 350 — сигнальные лампы нулевой позиции переключателя ступеней; 351 — реле набора; 352 — реле сброса; 353 — реле управления; 356 — реле времени; 357, 358 — разделительные диоды; 368, 369 — выключатели управления; 483, 484 — тумблеры для проверки сигнальных ламп на пультах машиниста

Оперативные выключения и включения ГВ производятся выключателями управления 368, 369. Схемой предусмотрено, что ГВ и токоприемники могут находиться во включенном положении лишь при наличии напряжения на катушке реле безопасности 380, контролирующего действие защитных блокировок на высоковольтном оборудовании электровоза.

Цепи управления тяговыми двигателями. Управление электровозом возможно только из той кабины, в которой разблокирован пульт управления. Тумблеры на пульте, которыми осуществляется управление ГВ, токоприемниками, вспомогательными машинами и т. п., механически блокируются замком. Разблокировать их можно только специальным ключом управления.

Специальная электромагнитная защелка 340_а (рис. XIII-80) дает возможность вращать реверсивный барабан 340_а (341_а) только при нахождении переключателя ступеней (ПС) в нулевом положении.

Контроллеры машиниста имеют по два барабана: 340_{а1} (341_{а1}) — для управления пневмодвигателем ПС; 340_{а2} (341_{а2}) — для управления контакторами ослабления возбуждения тяговых двигателей. Шунтировать обмотку возбуждения тяговых двигателей можно только после 26-й позиции контроллера машиниста.

Пневмодвигатель, вращающий ПС, имеет два электропневматических вентиля 015_а и 015_б. Поворот вала пневмодвигателя на 360° соответствует набору (или сбросу) двух позиций. Таким образом, регулирование скорости движения и силы тяги электровоза сводится к управлению вентилями 015_а и 015_б контроллером машиниста. Контроллер позволяет осуществлять набор и сброс как по одной позиции, так и автоматически. Если при автоматическом сбросе по какой-либо причине ПС застрянет между позициями, защитное реле 356 отключит ГВ. При маневрах машинист может управлять ПС кнопками 344—347 специального маневрового контроллера.

При неисправностях в цепи управления тяговыми двигателями допускается использование аварийных контроллеров 331 или 332, контакты которых непосредственно связаны с вентилями пневмодвигателя ПС. Положение ПС контролируют по указателям позиций, в цепи которых находится сельсин-датчик 333 и сельсин-приемники 334, 335.

XIII-10. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ82 И ВЛ82М

Схема силовой цепи*. Схема силовой цепи (рис. XIII-81) электровоза ВЛ82 предусматривает работу тяговых двигателей в тяговом режиме и в режиме реостат-

ного торможения при напряжении на токоприемнике 25 кВ 50 Гц однофазного переменного тока и 3 кВ постоянного тока.

В случае работы электровоза на участке переменного тока последний преобразуется в постоянный (пульсирующий) ток напряжением 3 кВ с помощью статического преобразователя, включающего в себя понижающий трансформатор ОДЦЭ-4000 и выпрямительную установку ВУК-6700. При работе электровоза на участке постоянного тока напряжение подается на цепи тяговых двигателей непосредственно от токоприемника.

Регулирование скорости в процессе пуска и разгона электровоза как на переменном, так и постоянном токе производится переключением ступеней реостатов.

На последовательном соединении схемой предусмотрено 22 реостатных позиций, в том числе две первых — маневровых — с использованием ослабления возбуждения (коэффициенты ослабления 0,23 и 0,41) и пять безреостатных, в том числе четыре с использованием ослабления возбуждения (коэффициенты ослабления 0,7; 0,54; 0,41; 0,32). На параллельном соединении — девять реостатных и пять безреостатных.

Выключение ступеней в каждой из двух групп пусковых реостатов в процессе пуска осуществляется 24 контакторами, имеющими общий групповой электродвигательный привод.

Схема электровоза предусматривает работу тяговых двигателей в режиме реостатного торможения с самовозбуждением. В этом режиме две пары тяговых двигателей, соединенные попарно с обмотками возбуждения по перекрестной схеме, включены параллельно на одну цепь двух последовательно соединенных групп пусковых реостатов.

Регулирование тормозного усилия осуществляется изменением сопротивления путем переключения секций пускового резистора реостатными контакторами группового переключателя. Количество ступеней реостатного торможения — 20.

Цепи тяговых двигателей защищены от коротких замыканий быстродействующим выключателем. От замыканий на «землю» в тяговом режиме цепи защищены дифференциальными реле, действующими на отключение быстродействующего выключателя, а в режиме реостатного торможения — реле заземления, действующим на отключение линейных контакторов. От перегрузки тяговые двигатели защищены реле перегрузки, при срабатывании которых в тяговом режиме отключается быстродействующий выключатель, а в режиме торможения — линейные контакторы. От повышения напряжения в режиме электрического торможения тяговые двигатели защищены реле напряжения, действующим при срабатывании на отключение линейных контакторов.

В режиме переменного тока выпрямительная установка защищена от токов перегрузки на стороне постоянного тока быстродействующим выключателем 81, а на сто-

* Дано описание работы силовых цепей одной секции.

После подъема токоприемника под контактной сетью постоянного тока по цепи — токоприемник 1, дроссель помехоподавления ДП, разрядник 2, высоковольтный плавкий предохранитель 11, первичная обмотка трансформатора напряжения 10 и добавочные резисторы 13 — получают питание и срабатывают реле 1Р_{пост.}, 2Р_{пост.}, включающие вентиль привода переключателя рода тока 7, подвижной ножею которого подключает цепи тяговых двигателей непосредственно к контактной сети.

На 1-й маневровой позиции тяговые двигатели $I - IV$ включаются последовательно друг с другом и с пусковыми реостатами $P2 - P13, P15 - P26$. При этом для уменьшения силы тяги при трогании с места включаются контакторы ослабления возбуждения $65, 66, 69, 70, 73, 74$ тяговых двигателей. На 2-й маневровой позиции контакторы $73, 74$ отключаются, уменьшается глубина ослабления поля тяговых двигателей, благодаря чему сила тяги увеличивается.

На 1-й пусковой позиции отключаются контакторы *65, 66, 69, 70*. Двигатели переходят в режим полного поля. Дальнейший пуск и регулирование скорости электроваза производится ступенчатым выключением пусковых реостатов с помощью

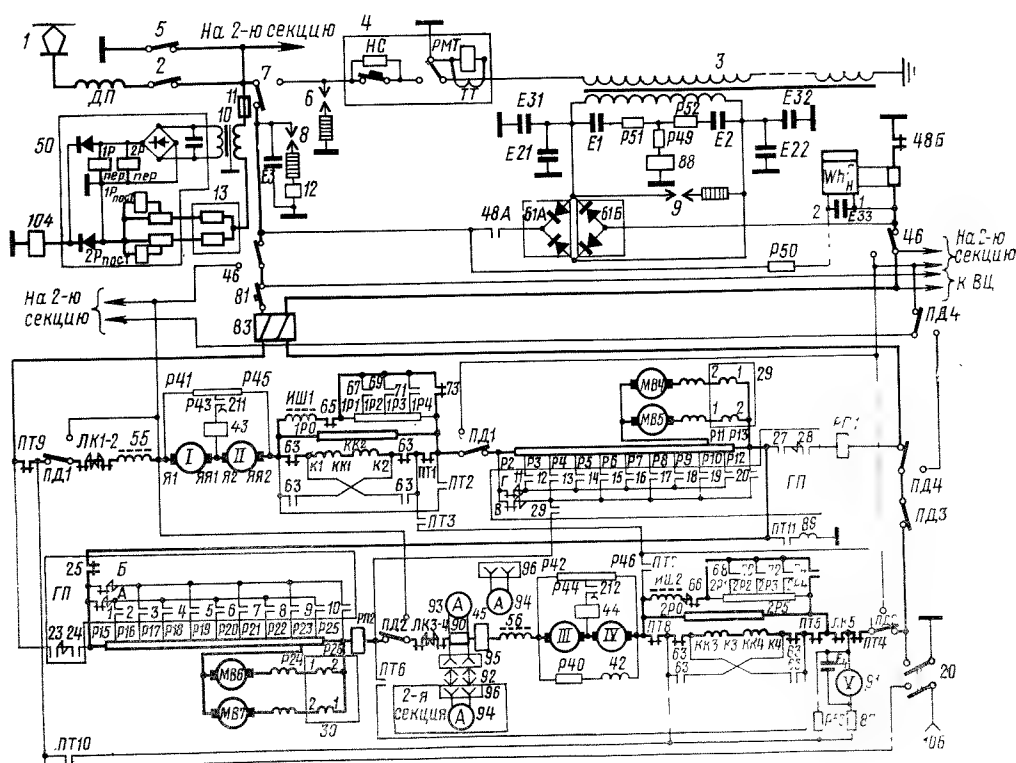


Рис. XIII-81. Схема силовой цепи электровоза ВЛ82 на 1-й маневровой позиции в тяговом режиме на постоянном токе:

I—IV — тяговые двигатели; *МВ4—МВ7* — двигатели вентиляторов; *ГП* — главный контроллер; *А, Б, В, Г, 23, 28* — контакторы ЭКТ-82А с дугогашением; *1—20, 24, 25, 27, 29* — контакторы ЭКГ-82А без дугогашения; *ЛК1—ЛК5* — линейные контакторы; *ПД1—ПД4* — блок переключателей двигателей; *РП1, РП2* — реле перегрузки двигателей; *ИШ1, ИШ2* — шунты индуктивные; *ПТ* — переключатель тормозной; *ДП* — дроссель помехоподавления; *1* — токоприемник; *2* — разрядник высоковольтный; *3* — трансформатор силовой; *4* — выключатель воздушный; *НС* — резистор нелинейного сопротивления; *5* — заземнитель высоковольтный; *6* — разрядник; *7* — переключатель рода тока; *16* — трансформатор напряжения; *12* — регистратор срабатывания; *13* — панель резисторов; *20* — раздвигатель контактных шин; *29, 30, 83* — дифференциальные реле; *43, 44* — реле блокирования; *45* — регулятор давления; *46* — раздвигатель аварийной работы; *48* — переключатель вентилялей; *50* — устройство рода тока; *55, 56* — реакторы сглаживающие; *63* — переключатель реверсивный; *65—74* — контакторы тока; *55, 56* — реакторы сглаживающие; *63* — переключатель реверсивный; *65—74* — контакторы электропневматические; *81* — выключатель быстродействующий; *88, 89* — реле заземления; *95, 96* — розетка; *103* — счетчик электроэнергии; *104* — вентиль защиты; *106* — розетка низковольтная; *211—212* — реле времени; *Е1—Е4, Е21, Е22, Е31, Е32* — конденсаторы; *Р40—Р51* — резисторы

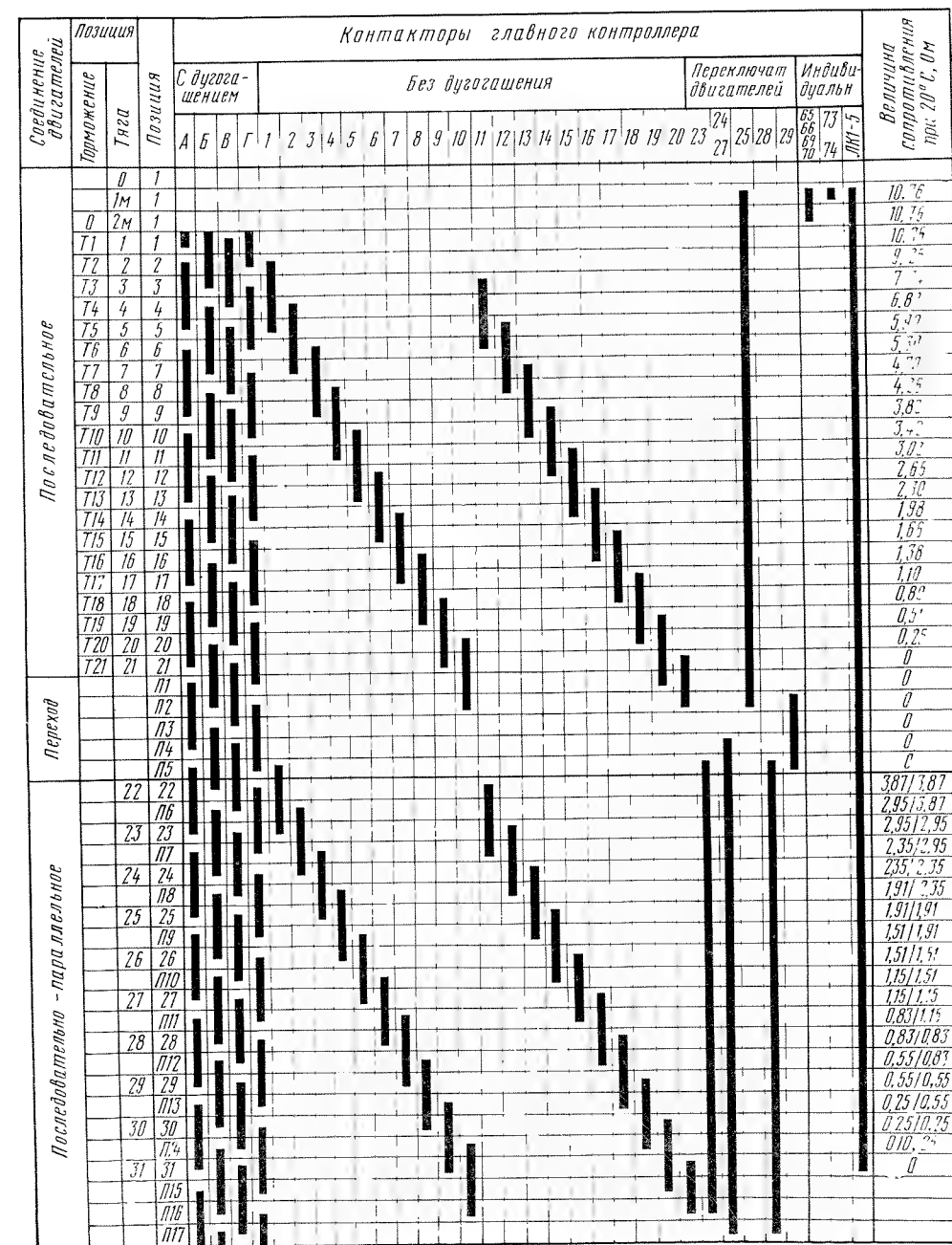


Рис. XIII-82. Диаграмма замыкания контакторов ЭКГ электровоза ВЛ82

При выходе из строя тягового двигателя необходимо на этой секции электроваза установить переключатели двигателей *ПД1*, *ПД3*, а на другой секции — переключатель *ПД4* в аварийное положение. При этом четыре двигателя исправной секции соединяются последовательно друг с другом и с двумя неповрежденными двигателями аварийной секции. Однако при аварийной схеме электровоз может рабо-

При реостатном торможении тяговые двигатели контактами $ПТ1 — ПТ21$ тормозного переключателя отключаются от контактной сети и включаются на пусковой реостат. Якоря и обмотки возбуждения тяговых двигателей включаются по перекрестной схеме (рис. XIII-83). Изменение тормозного усилия достигается изменением сопротивления ступеней $P2 —$

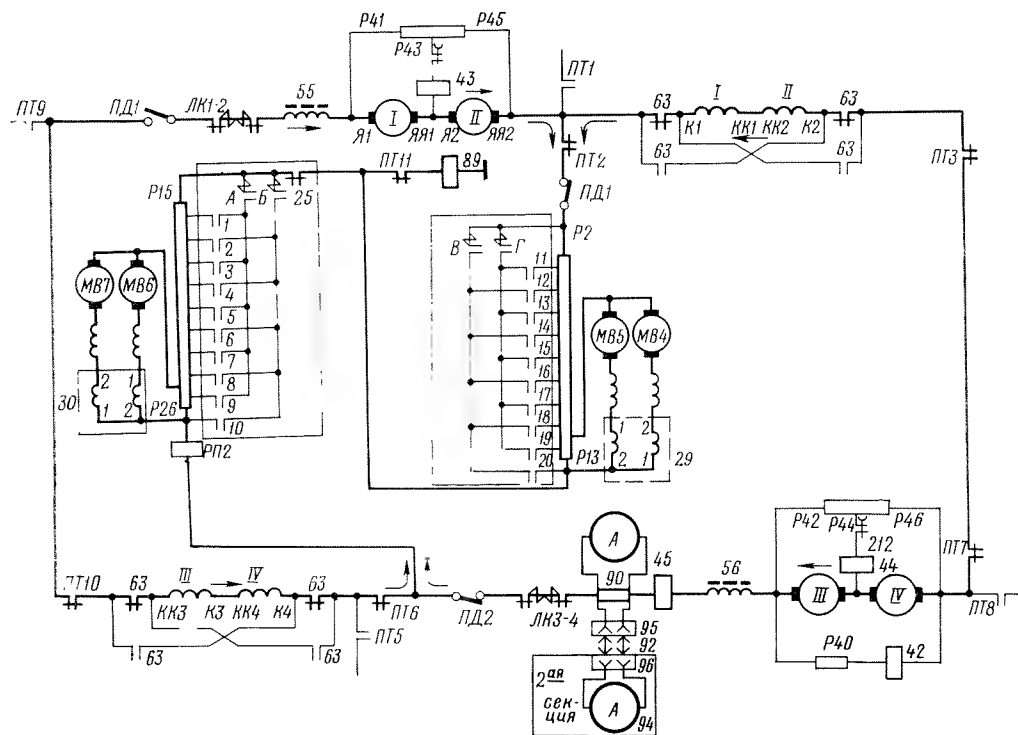


Рис. XIII-83. Схема силовой цепи электровоза ВЛ82 на 1-й позиции в режиме реостатного торможения

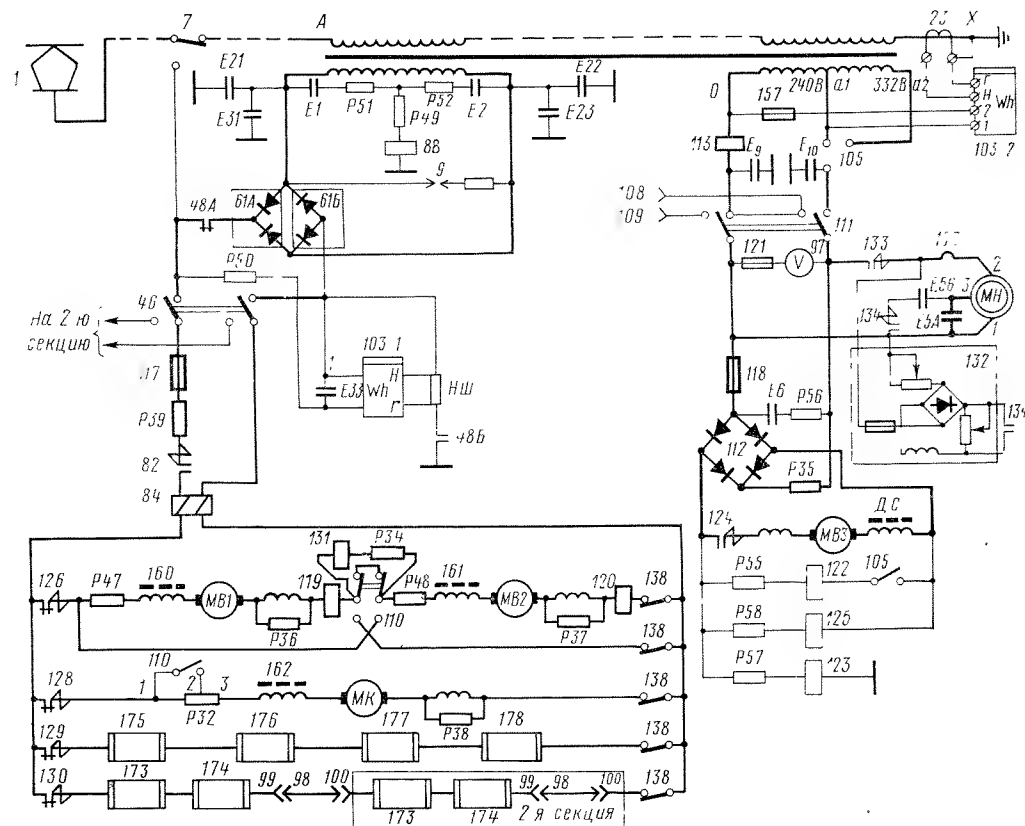


Рис. XIII-85. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ82:

МВ1—МВ3 — электродвигатели вентиляторов; *МК* — электродвигатель компрессора; *МН* — электродвигатель насоса трансформатора; *ДС* — дроссель сглаживающий; *9* — разрядник; *46* — разъемный аварийной работы; *61А, 61Б* — установка выпрямительная; *82* — контактор вспомогательных цепей; *84* — реле дифференциальное; *88* — реле заземления; *98* — штепсель высоковольтной зарядки; *99, 100* — розетки; *105* — переключатель; *108, 109* — розетки низковольтные; *110* — переключатель; *111* — рубильник; *112* — выпрямительный блок; *113* — реле перегрузки; *119, 120* — реле контроля тока; *122* — реле максимального напряжения; *123* — реле контроля земли; *124, 126, 128, 129, 130, 133, 134* — контакторы электромагнитные; *125, 131* — реле контроля напряжения; *132* — панель реле напряжения; *138* — панель рубильников; *153* — реле тепловое; *160, 161, 162* — дроссели; *173—177* — печи электрические; *178* — обогреватель батарей; *Р32—Р57* — резисторы

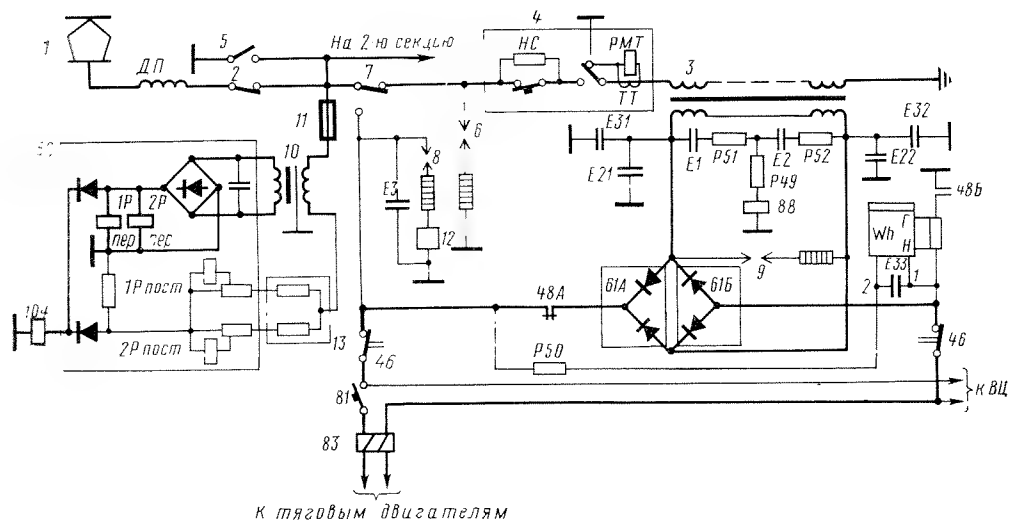


Рис. XIII-84. Схема силовой цепи электровоза ВЛ82 на переменном токе

P13, P15 — P26 при переключении контакторов ЭКГ в таком же порядке, что и при последовательном соединении двигателей в тяговом режиме.

При переходе электровоза с участка контактной сети с напряжением 3 кВ постоянного тока на участок с напряжением 25 кВ переменного тока, разделенных нейтральной вставкой, происходят следующие переключения:

на нейтральной вставке теряют питание реле $1P_{\text{пост}}$ и $2P_{\text{пост}}$ (рис. XIII-84) устройства контроля рода тока, вследствие чего переключатель рода тока 7 переходит в нейтральное положение и цепи отключаются от токоприемника;

на участке переменного тока от вторичной обмотки трансформатора 10 получают питание реле 1Р_{пер} и 2Р_{пер}, которые, включаясь, приводят в действие переключатель 48. Переключатель 48 отключает контактом 48Б цепь тяговых двигателей от «земли» и подключает ее контактом 48А к зажимам выпрямительной установки 61;

после включения реле $1P_{\text{пер}}$ и $2P_{\text{пер}}$ переключатель рода тока 7 устанавливается в положение, соответствующее переменному току, и подключает к контактной сети первичную обмотку силового трансформатора 3 (при включенном выключателе 4).

Работа силовых цепей при регулировании скорости движения электровоза в режиме тяги и торможении протекает также, как и при питании от сети 3 кВ постоянного тока.

При повреждении выпрямительной установки 61 или силового трансформатора 3 какой-либо секции электровоза выключатель 4 отключает трансформатор 3 от контактной сети, а разъединителем аварийной работы 46 цепи тяговых двигателей и вспомогательных машин отключаются от поврежденной выпрямительной установки и подключаются к выпрямительной установке другой секции. В этом режиме тяговые двигатели каждой секции соединены последовательно и получают питание от исправной выпрямительной установки.

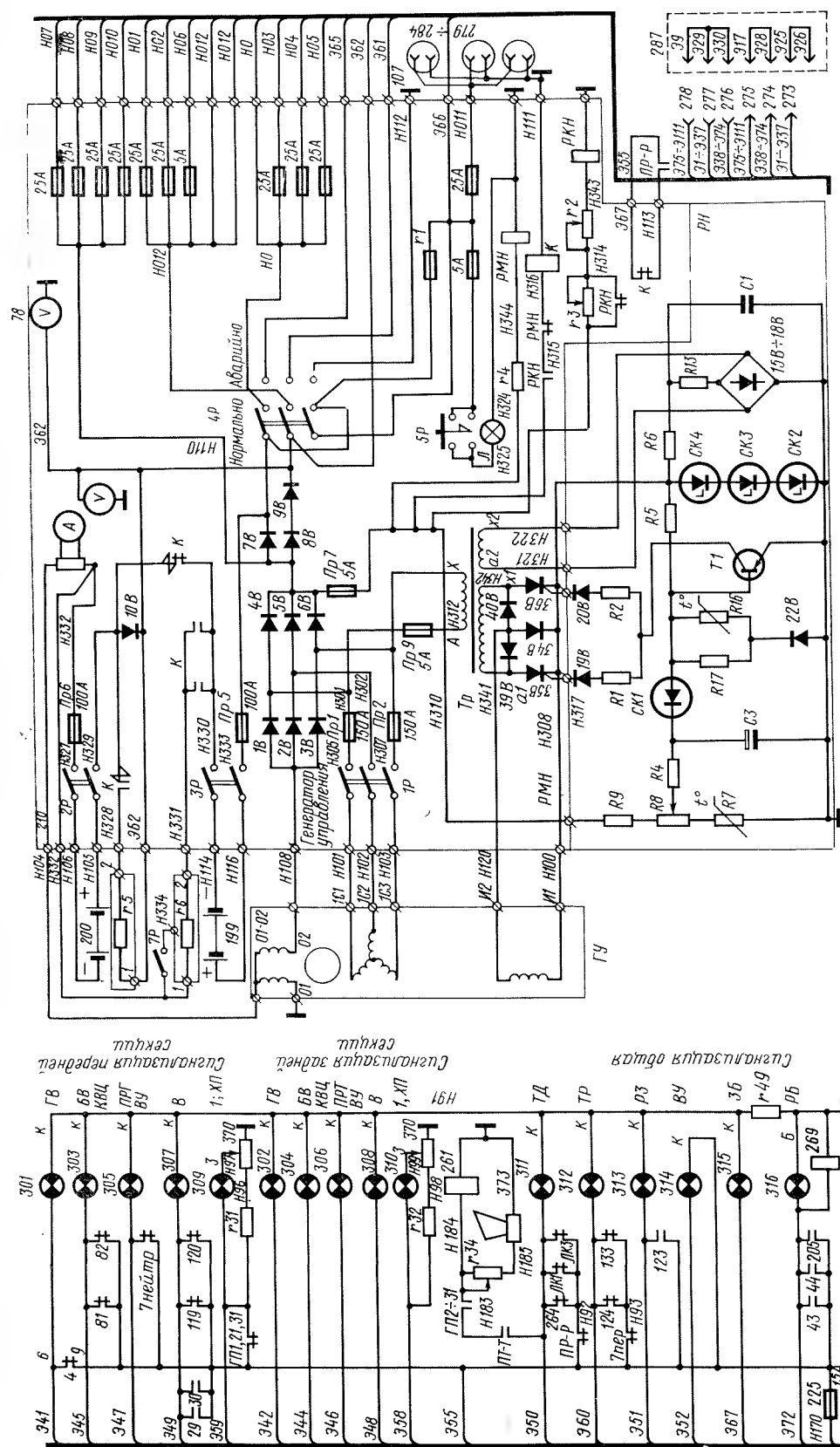
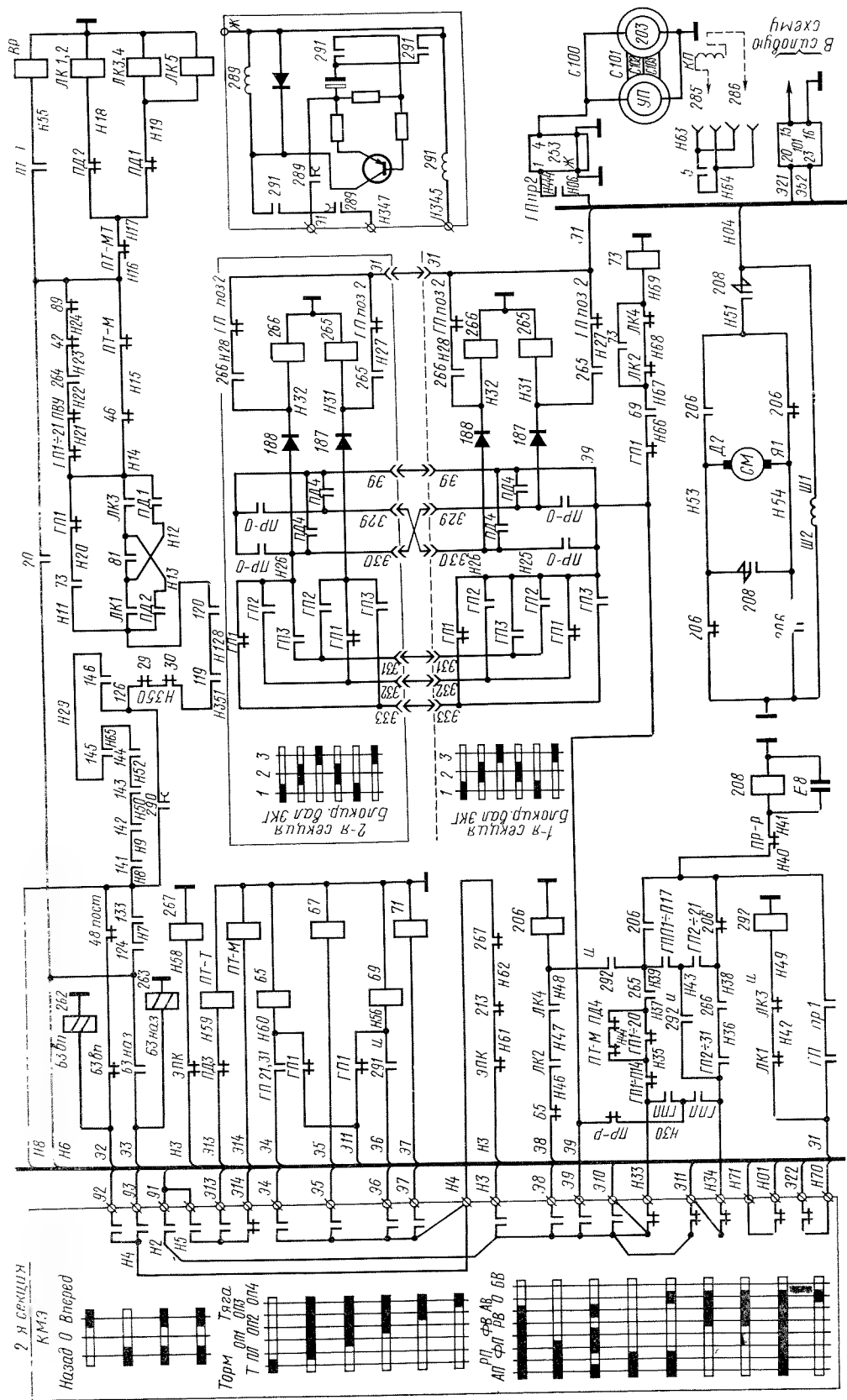


Рис. XII-86. Схема цепей управления тяговыми двигателями электроваз ВЛ82.

КМ3 — контроллер машиниста; СМ — серводвигатель; 206, 208 — контакторы электромагнитные; 265, 266 — реле синхронизации; 292 — реле электромагнитное

Вспомогательные высоковольтные цепи. Двигатели *МН* и *МВЗ* работают, только когда электровоз находится под контактной сетью переменного тока 25 кВ, получая питание от обмотки собственных нужд трансформатора 3, имеющей напряжение холостого хода 240 В (рис. XIII-85).

Трехфазный двигатель насоса *МН* включается контактором 133 по конденсаторной схеме. Его пуск при напряжении до 19 кВ осуществляется при включении дополнительного конденсатора. При повышении напряжения выше 19 кВ срабатывает реле напряжения 132 и дополнительная емкость отключается. При снижении напряжения до 17 кВ реле 132 отключается и дополнительная емкость контактором 134 включается вновь.

Двигатель *МВЗ* питается выпрямленным пульсирующим током от выпрямительного моста 112. Для сглаживания пульсаций тока в цепь двигателя включен сглаживающий дроссель *ДС*, а для ограничения бросков тока при пуске — демпферный резистор *Р35*. Двигатель *МВЗ* и выпрямительная установка 112 защищены от коротких замыканий и перегрузок предохранителем 118, а от атмосферных и коммутационных перенапряжений цепочкой *РС* (*Е6* — *Р56*). При сгорании предохранителя 118 срабатывает реле контроля напряжения 125 и своими контактами снимает питание с катушки контактора 124, отключая двигатель *МВЗ*.

В целом цепи *МН* и *МВЗ* защищены токовым реле 113, которое срабатывает при токе более 700 А и воздействует на отключение главного выключателя 4.

При замыкании на землю в цепях обмотки собственных нужд срабатывает реле 123, включающее световую сигнализацию в кабине машиниста.

Двигатели *МВ1*, *МВ2* и *МК* и печи электрического отопления кабины машиниста питаются или непосредственно от контактной сети через переключатель 7 (при напряжении в контактной сети 3 кВ постоянного тока), или от выпрямительной установки 61 (при напряжении в контактной сети 25 кВ переменного тока).

Для сглаживания пульсаций тока двигателей *МВ1*, *МВ2* и *МК* включены сглаживающие дроссели 160—162, обмотки возбуждения зашунтированы резисторами *Р36* — *Р38*.

Цепи двигателей *МВ1*, *МВ2*, *МК* и печей защищены в целом от коротких замыканий высоковольтным предохранителем.

От замыканий на землю эти цепи защищены в режиме питания от контактной сети с напряжением 3 кВ постоянного тока контактором вспомогательных цепей 82, импульс на отключение которого дается дифференциальным реле 84, срабатывающим при замыканиях на землю. Последовательно с контактором 82 включен общий демпферный резистор *Р39*, ограничивающий ток короткого замыкания. В режиме питания от контактной сети 25 кВ переменного тока цепи защищены воздушным выключателем 4, который отключается после срабатывания реле заземления 88.

В цепи двигателей *МВ1* и *МВ2* включены реле контроля тока 119, 120, которые при отсутствии в цепи тока (например, сгорание предохранителя 117) отключают цепи электровоза во избежание повреждения выпрямительной установки из-за прекращения ее вентиляции.

Схема предусматривает работу электровоза при напряжении в контактной сети 12 кВ. Для обеспечения нормальной работы *МН* и двигателя вентилятора *МВЗ* при напряжении 12 кВ обмотка собственных нужд трансформатора имеет дополнительный вывод *а2* с напряжением холостого хода 332 В. В этом случае ножи переключателей 105, 110 устанавливаются в положение 12 кВ.

Переключателем 105 цепи питания двигателей *МН*, *МВЗ* переключаются на вывод *а2* обмотки собственных нужд трансформатора, что обеспечивает повышение напряжения на электродвигателях до величины, необходимой для нормальной работы. Переключателем 110 выключается часть демпферного резистора *Р32*, благодаря чему увеличивается пусковой ток и повышается напряжение на коллекторе двигателя привода компрессора *МК*. Двухполюсным переключателем двигатели *МВ1* и *МВ2* включаются параллельно на выпрямленное напряжение, величина которого при напряжении в контактной сети 12 кВ равна примерно 1500 В, т. е. величине номинального напряжения двигателей.

При повышении напряжения в контактной сети с 12 до 19 кВ переключатели 105 и 110 переводятся в положение 25 кВ и нормальная схема питания двигателей восстанавливается. Повышение напряжения в контактной сети свыше 19 кВ при нахождении переключателей в положении 12 кВ приводит к срабатыванию реле 122, воздействующего на отключение главного выключателя, и реле контроля напряжения 131, воздействующего на отключение контактора 82 вспомогательных цепей.

Схемы цепей управления. Источниками питания цепей управления служат: в нормальном режиме — специальный трехфазный синхронный генератор с выпрямителями 1В — 6В (рис. XIII-86), собранными на кремниевых диодах по трехфазной мостовой схеме, и при неработающем генераторе — аккумуляторная батарея, состоящая из двух частей, которые при работе с генератором включены параллельно через разделительные диоды 7В — 10В на зажимы выпрямителя и работают в режиме постоянного подзаряда при напряжении 50 В. Генератор вращается одним из двигателей привода вентилятора *МВ1*.

Трогание и пуск электровоза начинаются на маневровых позициях с использованием ослабления поля тяговых двигателей. Реверсивная рукоятка контроллера устанавливается в положение *Вперед*, а главная — переводится в положение *АВ*.

Промежуточные реле 265 обеих секций электровоза контролируют синхронный набор позиций, а реле 266 — их синхронный сброс. Порядок действия этих реле такой же, как и на электровозе ВЛ80^К.

Схема цепей управления предусматривает возможность работы электровоза с отключением одной из секций, а также самостоятельной работы одной секции.

Соответствующие переключения в цепях управления производятся контактами переключателя режимов *ПР*. При необходимости отключения поврежденной секции электровоза переключатель на этой секции переводится в положение *Отключение секции*.

При необходимости самостоятельной работы одной секции переключатель режимов в ней должен находиться в положении *Рабочий режим электровоза*, штепсельные соединения между секциями должны быть рассоединены, а штепсель 277 вставлен в розетку 287, у которой схема соединения штырей обеспечивает замыкание проводов: 317 — 328 (цепи катушек клапанов токоприемников); 39 — 329 — 330 (цепи катушек реле 265 и 266); 319 — 320 (цепь удерживающей катушки выключателя 81).

Реостатное торможение на электровозе ВЛ82^М. Для перехода в режим реостатного торможения необходимо перевести главную рукоятку *КМЭ* в положение *О*, после чего размыкаются контакты *КМЭ* с проводами *Н2*, *Н3*, прерывая цепи питания катушек контакторов *ТК1* — *ТК5*, а тормозную рукоятку — в положение *Т*, на котором размыкаются контакты *КМЭ* (*Н5* — 314) и замыкаются контакты *Н5* — 313. Вследствие этого теряет питание катушка вентили *ПТ-М* тормозного переключателя, а от провода 313 через блок-контакты переключателя двигателя *ПДЗ* получает питание катушка вентили *ПТ-Т*. Тормозной переключатель переходит в положение *Торможение*, блок-контакты *ПТ-М* (*Н15* — *Н16*), (*Н35* — *Н44*) в цепях катушек контакторов *ТК1* — *ТК5* и контактора 208 размыкаются, а блок-контакты *ПТ-Т* (*Н16* — *Н55*), (*350* — *Н183*) в цепях вентилей регенерации *ВР* и торможения 261, а также сиры 373 замыкаются.

После постановки главной рукоятки *КМЭ* в положение *АВ* — линейные контакторы *ЛК1* — *ЛК5* включаются. Одновременно от провода *Н16* получает питание и включается вентиль регенерации *ВР*, исключающий возможность действия пневматического тормоза электровоза в режиме реостатного торможения. Регулирование скорости и тормозного усилия осуществляется поочередным перемещением главной рукоятки *КМЭ* из положения *ФП* в положение *РП*, что позволяет получить 21 позицию реостатного торможения.

Схема цепей управления токоприемниками и вспомогательными машинами приведена на рис. XIII-87.

XIII-11. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭР9П

Схема силовой цепи. Пуск и регулирование скорости тяговых двигателей осуществляются ступенчатым изменением на-

пряжения на вторичной стороне трансформатора *ГТ* (рис. XIII-88), которая имеет девять выводов 0 — 8. Средняя точка 0 заземлена через реле заземления *РЗ* и резистор *Р17*. Регулируют скорость поезда рукояткой главного контроллера *ГК*, последовательно подключая секции вторичной обмотки трансформатора, а на последних ступенях — ослаблением возбуждения тяговых двигателей. Последовательность замыкания контакторов приведена в табл. XIII-9. С дугогашением выполнены только контакторы *Ш1* и *Ш3*.

Включение тяговых двигателей осуществляется контакторами *ЛК1* и *ЛК2*. Для сглаживания пульсаций тока в обмотках возбуждения тяговых двигателей предназначены резисторы *Р4* — *Р10* и *Р7* — *Р11*, обеспечивающие постоянное ослабление возбуждения до 92,5%.

Для защиты силовых цепей применен воздушный высоковольтный выключатель ВОВ25-4. Он отключается либо при подаче импульса на отключающую катушку *ВВ-О*, либо при прекращении питания удерживающей катушки *ВВ-У*.

При токах свыше 100А срабатывает реле отключения высоковольтного выключателя *РОВ*, обмотка которого питается через трансформатор *ТТЗ*. Своими контактами *РОВ* (собственное время выключения его около 0,06 с) разрывает цепь удерживающей катушки *ВВ*.

Схема вспомогательных высоковольтных цепей. Вспомогательная обмотка 0 — *а1* (рис. XIII-89) предназначена для питания потребителей 600 В моторного и прицепного вагонов. Защита цепей 600 В осуществляется предохранителем *П12*, а калориферы и печи отопления вагонов — реле перегрузки *РПО*.

Вспомогательная обмотка *О1-Х1-Х2* тягового трансформатора имеет выводы с напряжением 200 В (*Х1*) и 257 В (*Х2*) при холостом ходе и напряжении сети 25 кВ. Вспомогательные цепи в зависимости от напряжения на трансформаторе контакторами *КТ1* — *КТ3* подключаются к одному из этих выводов. При отсутствии напряжения на вспомогательной обмотке (реле *РНВЦ* обесточено) и наличии напряжения 110 В в цепи управления замкнуты силовые контакты контакторов *КТ2* и *КТ3* (см. рис. XIII-88 и XIII-95). При увеличении напряжения до 248 В включается реле *РНВЦ* и своим контактом в проводах *15РА* — *15РИ* подает питание на катушку реле *ПРВЦ*, которое контактом в проводах *15РА* — *15РЕ* разрывает цепь питания катушки контактора *КТ3*, и вспомогательные цепи в течение короткого промежутка времени (доли секунды) питаются через резистор в проводах *62У* — *62Э*.

При размыкании контактор *КТ3* включает контактор *КТ1*, который подключает вспомогательные цепи к выводу с низким напряжением. В случае снижения напряжения до величины, соответствующей уставке реле *РНВЦ*, последнее отключается и своим контактом разрывает цепь питания катушки *ПРВЦ*. Это способствует

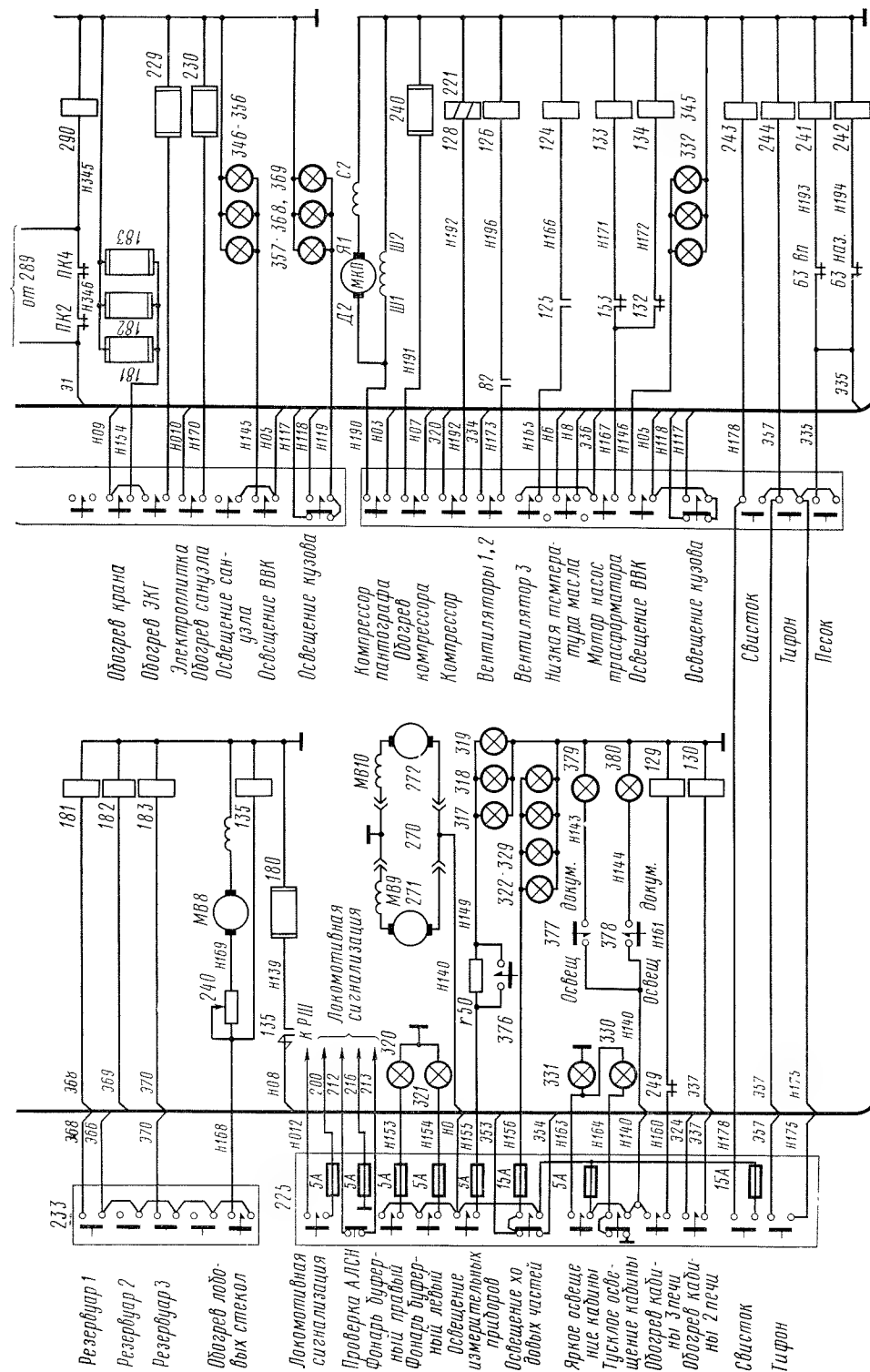
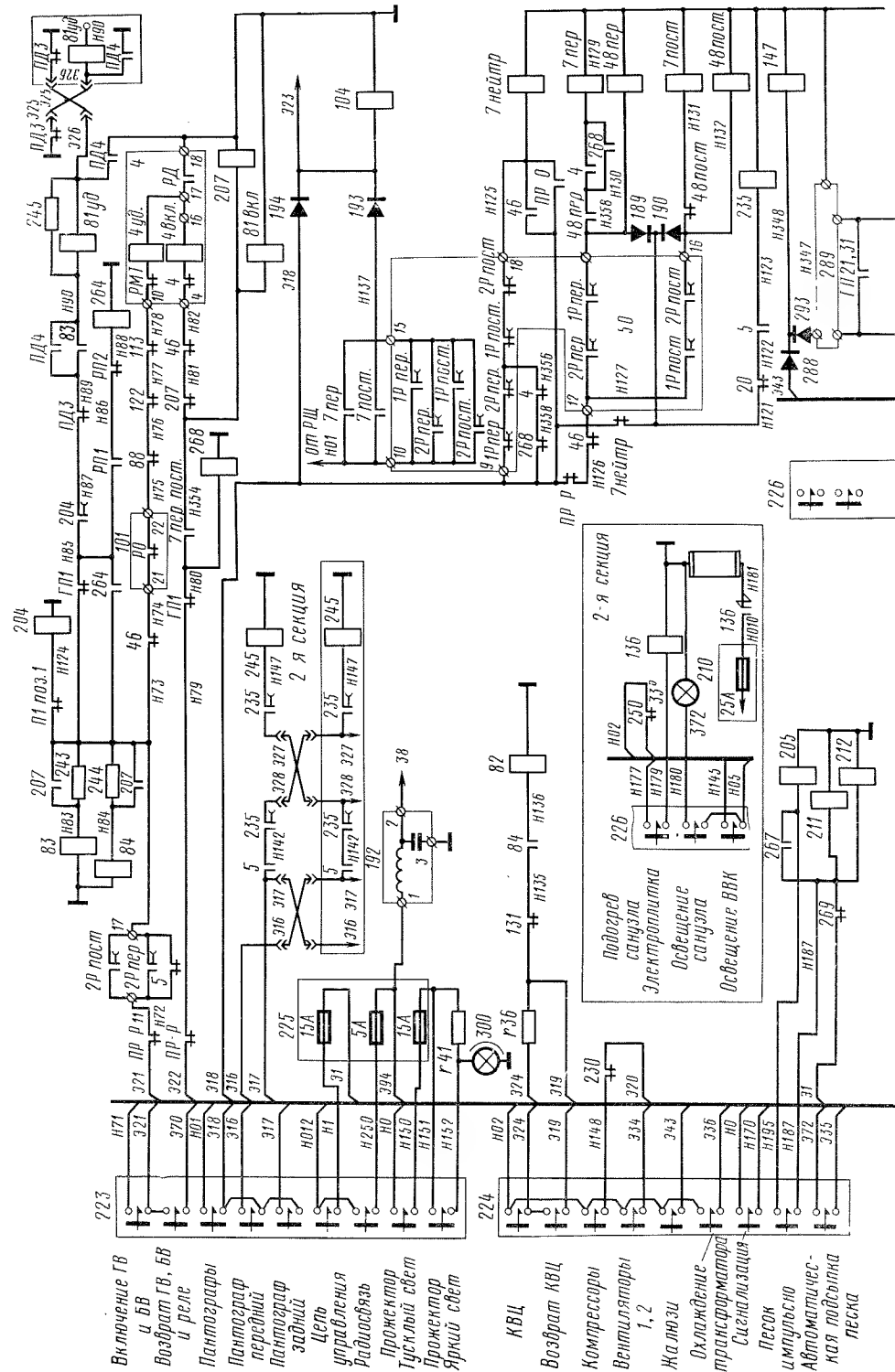


Рис. XIII-87. Схема цепей управления токоприемниками и вспомогательными машинами электровоза ВЛ82

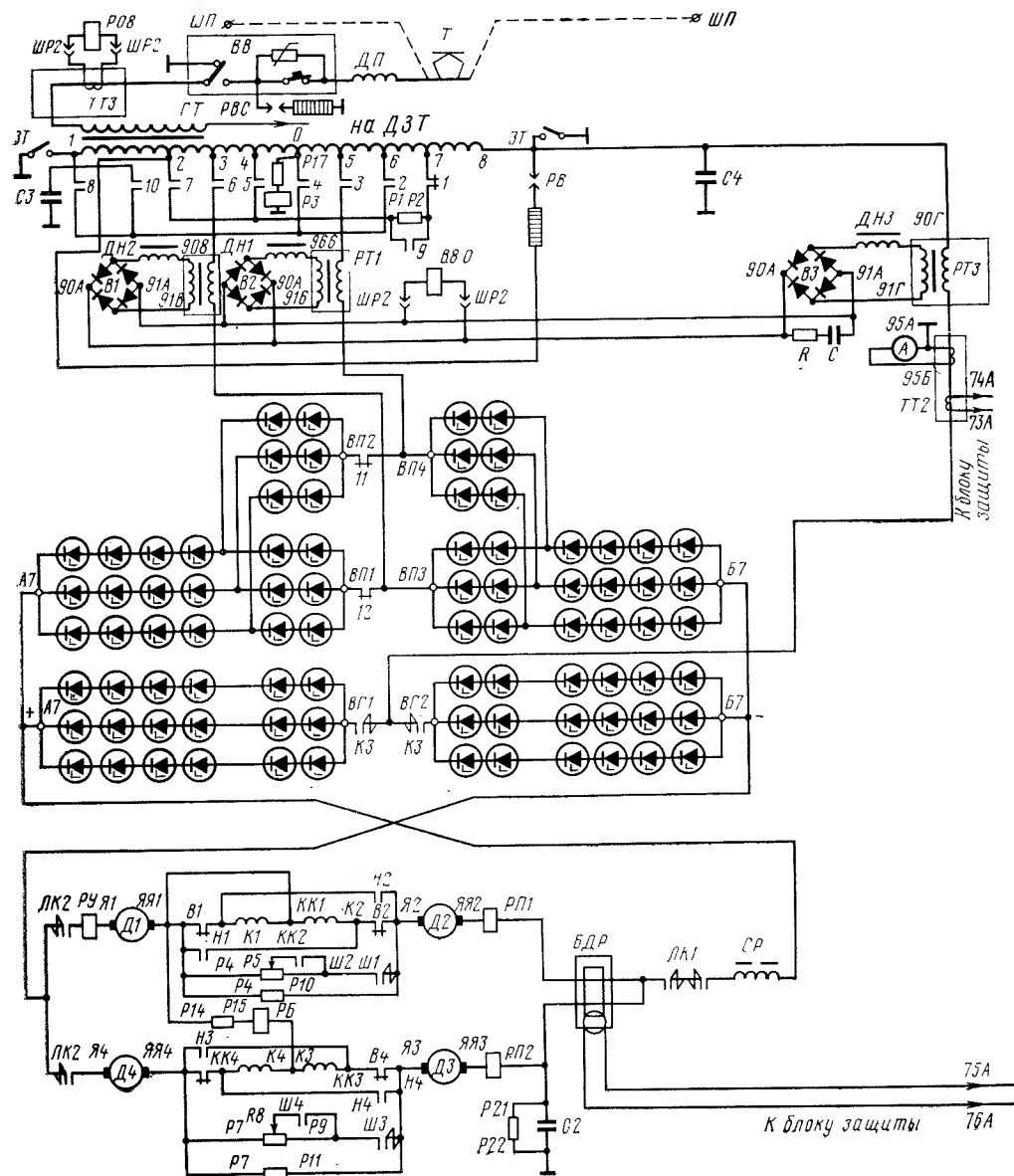


Рис. XIII-88. Схема силовой цепи моторного вагона электропоезда ЭР9П:

ВВ — воздушный выключатель; ГТ — главный трансформатор; Д1—Д4 — тяговые двигатели; ДП — дроссель защиты от радиопомех; ДН1—ДН3 — дроссели насыщения; ЗТ — заземлитель трансформатора; К3 — контактор защиты; Ш1—Ш4 — контакторы ослабления поля; 1—12 — контакторы ступеней трансформатора; ЛК1, ЛК2 — линейные контакторы; В1—В3 — мост выпрямителей токоограничивающие; Т — токоприемник; РВС — разрядник высоковольтный; РТ1—РТ3 — реле токоограничивающие; РБ — реле блокирования; РП1, РП2 — реле перегрузки тяговых двигателей; РУ — реле ускорения; РЗ — реле заземления; БДР — реле бесконтактное дифференциальное; В1—В4, Н1—Н4 — реверсоры; СР — сглаживающий реактор; ТТ1—ТТ3 — трансформаторы тока; ШП — шины параллельной работы токоприемника

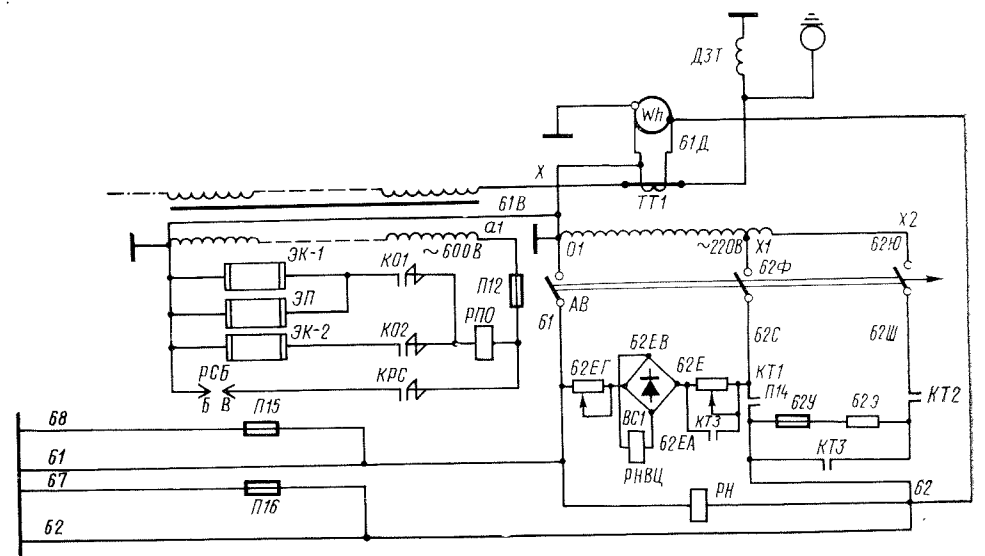


Рис. XIII-89. Схема вспомогательных высоковольтных цепей электропоезда ЭР9П:

АВ — автоматический выключатель; ДЗТ — дроссель заземления трансформатора; К01, К02 — контакторы отопления; КТ1—КТ3 — контакторы трансформатора; КРС — контактор высоковольтной розетки; РНВЦ — реле напряжения вспомогательных цепей; РПО — реле перегрузки отопления; РП — реле напряжения; РСБ — розетка цепей отопления; ЭК1, ЭК2 — электрокалориферы; ЭП — электрические печи вагонов

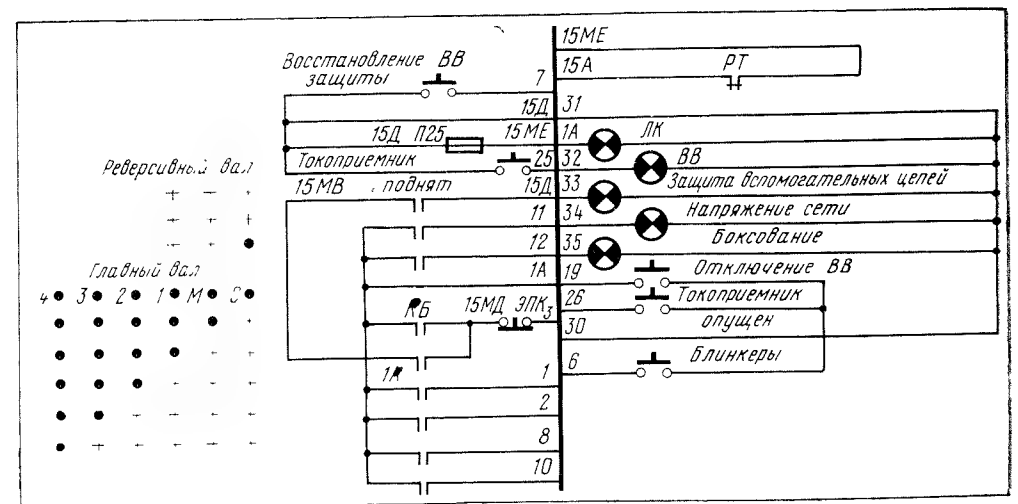


Рис. XIII-90. Схема узла контроллера машиниста:
ВВ — воздушный выключатель; ЛК — линейные контакторы

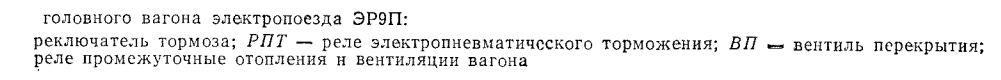
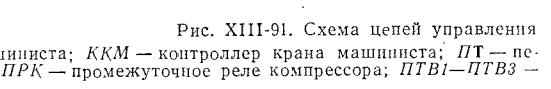


Таблица XIII-9

Последовательность замыкания контакторов электропоезда ЭР9П

Позиция ГК	Контакторы силовые															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ш1	Ш2	Ш3	Ш4
1	1	—	—	—	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
2	1	—	—	—	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
3	1	2	—	—	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
4	1	2	—	—	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
5	—	2	3	—	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
6	—	2	3	—	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
7	—	2	3	4	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
8	—	—	3	4	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
9	—	—	3	4	5	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
10	—	—	—	4	5	6	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
11	—	—	—	—	5	6	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
12	—	—	—	—	5	6	7	—	9	—	11	12	—	—	—	—
13	—	—	—	—	6	7	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
14	—	—	—	—	6	7	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	7	8	—	9	—	11	12	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	7	8	—	9	—	11	12	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	8	—	9	—	11	12	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	8	—	9	—	11	12	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	8	—	9	—	11	12	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	11	12	—	—	—	—

Продолжение табл. XIII-9

Позиция ГК	Контакторы управления								Возбуждение поля, %	Напряжение холостого хода, В
	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5	ГК6	ГК7	ГК8		
1	ГК1	—	ГК3	—	—	ГК6	ГК7	—	92,5	270
2	—	ГК2	ГК3	—	—	ГК6	—	—	92,5	270
3	—	ГК2	ГК3	—	—	ГК6	—	—	92,5	530
4	—	ГК2	ГК3	—	—	ГК6	—	—	92,5	830
5	—	ГК2	ГК3	—	—	ГК6	—	—	92,5	1100
6	—	ГК2	—	ГК4	—	—	—	—	92,5	1380
7	—	ГК2	—	ГК4	—	—	—	—	92,5	1660
8	—	ГК2	—	ГК4	—	—	—	—	92,5	1930
9	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
10	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
11	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
12	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
13	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
14	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
15	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
16	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
17	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
18	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
19	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200
20	—	ГК2	—	—	ГК5	—	—	—	92,5	2200

подключению вспомогательных цепей к выводу с высшим напряжением.

Защита цепей 220 В осуществляется автоматическим выключателем АВ с комбинированным расцепителем.

От обмотки 220 В питается асинхронный расцепитель фаз АРФ, включаемый контактором КР. Запуск расцепителя производят через пусковой реостат, подключаемый контактором пуска КТР.

Схема цепей управления (рис. XIII-90, XIII-91, XIII-92, XIII-93, XIII-94,

XIII-95). Управление осуществляется из кабины головного вагона. Автоматический пуск поезда до 6-й позиции под контролем реле ускорения (РУ) осуществляется постановкой главной рукоятки контроллера машиниста (КМ) в положение 1. При этом собираются цепи реверсора и ЛК. Кроме того, через блок-контакт главного вала КМ (1А-1) получает питание провод 1. На моторном вагоне получает питание привод ГК через блок-контакт ГК3, контакт РУМ, РУ, блок-контакты ЛК2, ПВ3 и ПВ2.

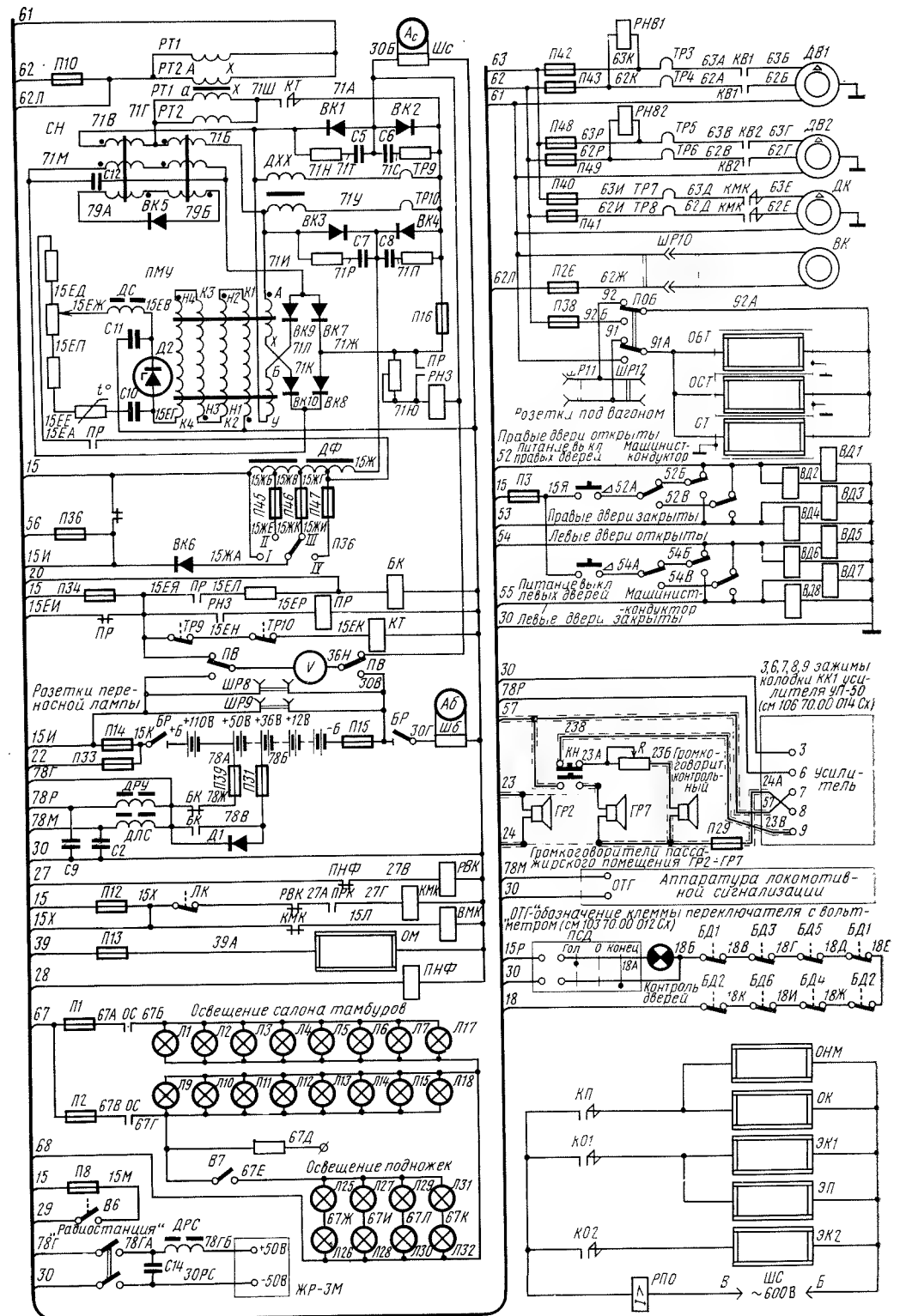


Рис. XIII-92. Схема цепей управления вспомогательными машинами и аккумуляторной батареей головного вагона электропоезда ЭР9П:

В - вольтметр заряда батареи; ВК1-ВК10 - выпрямители зарядного агрегата; ВД1-ВД8 - вентили дверей; ВК1-ВК4 - выпрямительный мост; СДБ, ДРХ, ДТС - дроссели сглаживающие; ДХХ - дроссель холостого хода; ДК - электродвигатель компрессора; ДВ1, ДВ2 - электродвигатели вентилятора; БК - контактор батареи; КМК - контактор электродвигателя компрессора; ПВ - переключатель вольтметра; ПМУ - промежуточный магнитный усилитель; ВР - регулятор напряжения; ТР3-ТР8 - тепловые реле; РН3 - реле напряжения заряда; СН - стабилизатор напряжения; РТ1-РТ2 - трансформаторы разделительные

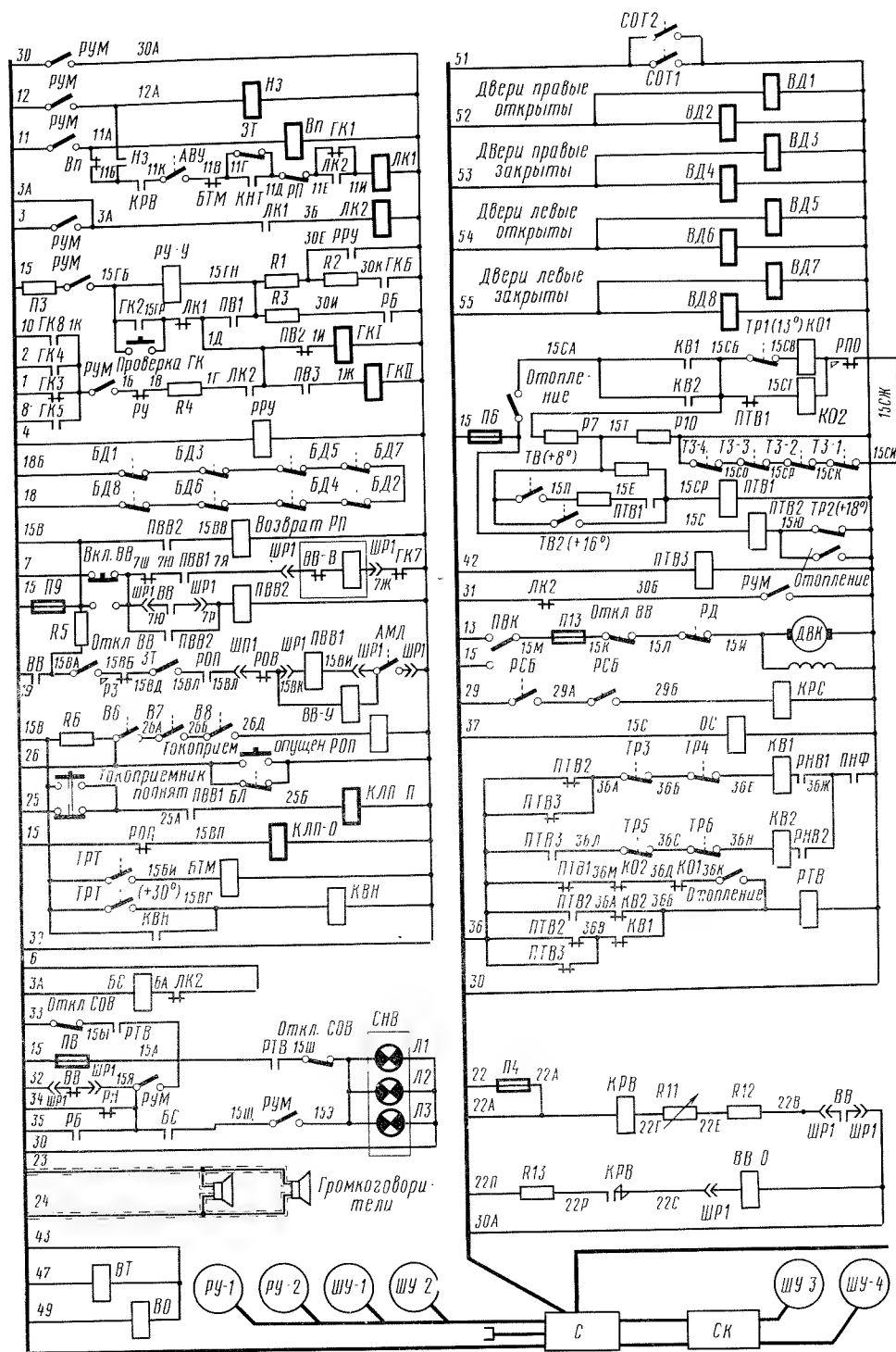


Рис. XIII-93. Схема цепей управления моторного вагона электропоезда ЭР9П:

АВУ — выключатель управления пневматический; АДМ — автомат минимального давления; БЛ — блокировка Лестницы; ВО, ВТ — вентили отпуска, торможения; ВД1—ВД8 — вентили дверей; КЛ — вентиль песочницы; ГЛ1—ГЛ11 — вентили привода; ДВК — электродвигатель вспомогательного компрессора; КЛПД, КЛПО — клапаны токоприемника; ПБВ1, ПБВ2 — промежуточные реле управления; РУМ — разъединитель цепей управления; ПТВ1—ПТВ3 — реле-повторители термодатчика; РТВ — реле термоавтоматики; РРУ — реле регулирования ускорения; РУ — реле ускорения

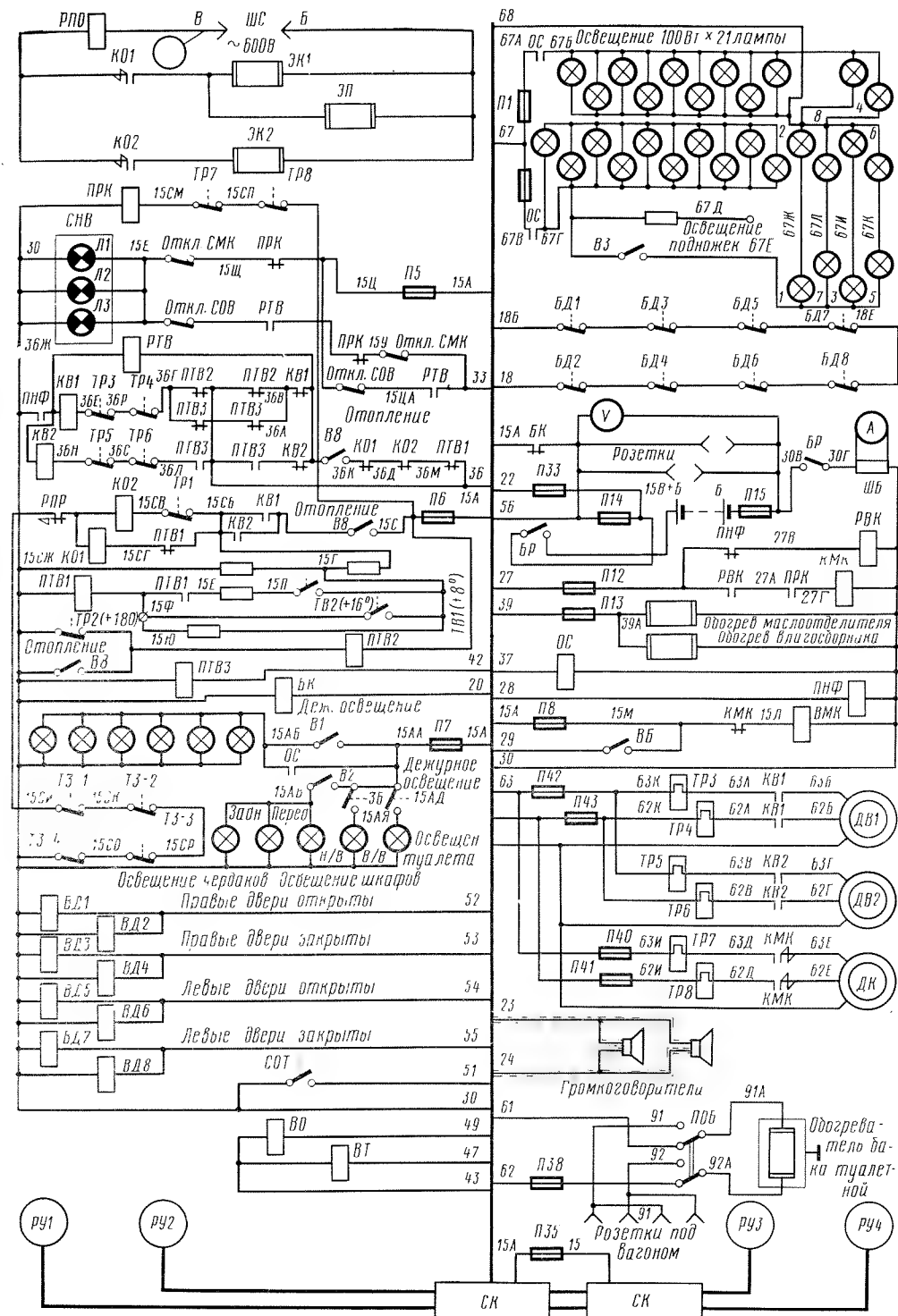
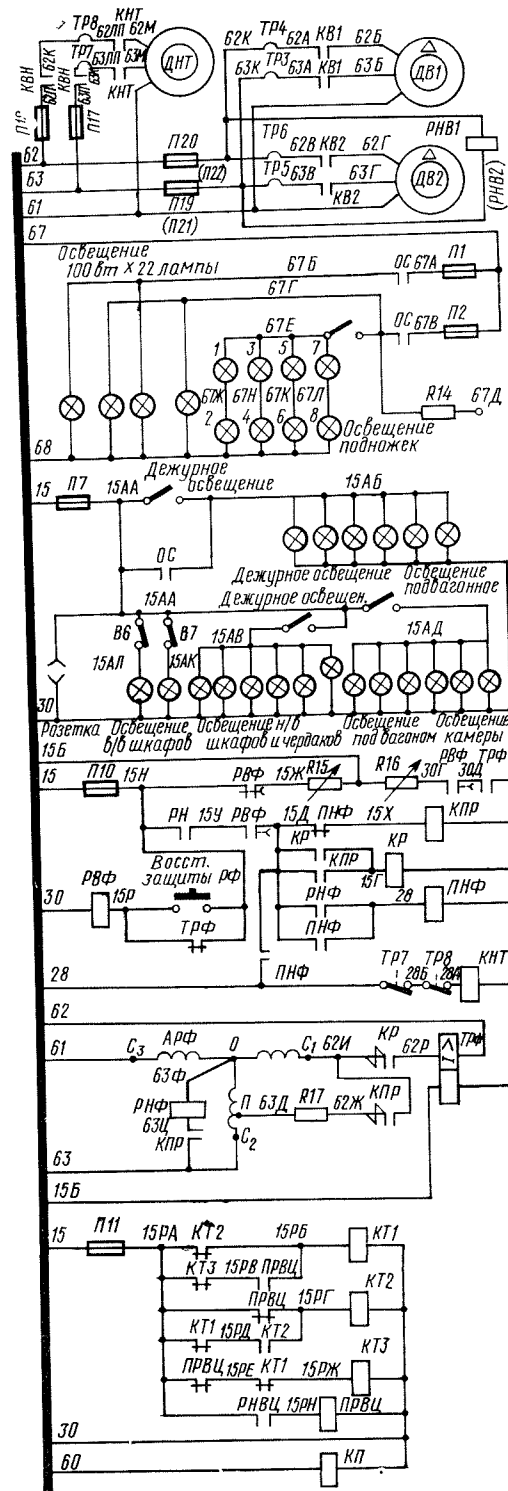


Рис. XIII-94. Принципиальная электрическая схема вагона электропоезда ЭР9П:

СОВ — выключатель сигнала вентиляции и отопления; СМК — выключатель сигнала компрессора; ДК — электродвигатель компрессора; ШС — штепсель соединительных цепей отопления 600В; ПОВ — переключатель обогрева бака; ЭП — печи электрические

По мере разгона поезда ток двигателя уменьшается, при 365 А якорь РУ отпадает и создаются условия перехода на очередную позицию.



Уставку РУ (365 А) можно изменить, подав дополнительное питание в катушку подмагничивания РУ нажатием кнопки *Пониженное ускорение* на пульте управления. При этом получает питание провод 4, реле регулировки ускорения РРУ срабатывает и катушка подмагничивания РУ получает постоянную подпитку через резистор в проводах 15ГН — 30Е. В этом случае якорь РУ будет отпадать при токе двигателей 250 А.

При срабатывании реле боксования РБ также снижается уставка РУ вследствие подключения резистора в проводах 15ГН — 30И и ток отпадания якоря снижается до 300 А. С установкой главной рукоятки КМ в нулевое положение теряют питание провода 1, 2, 8, 10, 11 (12), отключаются контакторы 7К и силовые цепи полностью разбираются.

Для возврата силового контроллера на 1-ю позицию необходимо, чтобы вентили ГКИ и ГКИИ получали питание по цепи возврата от провода 15ГБ через блок-контакты ГК2 и ЛК1. На 1-й позиции блок-контакт ГК2 разомкнется и контроллер остановится.

ХIII-12. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА ВЛ10

Схема силовой цепи. Электровоз ВЛ10 может работать в тяговом и рекуперативном режимах при трех соединениях тяговых двигателей: последовательно (С), последовательно-параллельном (СП) и параллельном (П). Работа по системе многих единиц не предусмотрена.

Тяговый режим. Схема имеет 37 позиций главной рукоятки контроллера машиниста, из них 16(С), 27(СП) и 37(П) являются ходовыми. На этих позициях возможно ослабление возбуждения тяговых двигателей четырьмя ступенями (75, 55, 43 и 36%).

Пуск электровоза начинается с 1-й позиции главной рукоятки контроллера машиниста включением линейных контакторов 3-1, 4-1, 3-2, 2-2, 17-2 (рис. ХIII-96) при полностью введенных пусковых реостатах и второй ступени ослабления поля тяговых двигателей [контакты 13-1,2 (213-1,2), 14-1,2 (214-1,2)]. На второй ступени ослабление поля снимается, на 3-й и последующих позициях по мере разгона происходит уменьшение сопротивлений в соответствии с переключениями реостатных контакторов (табл. ХIII-10 и ХIII-11).

Рис. ХIII-95. Схема управления вспомогательными цепями и цепями освещения моторного вагона электропоезда ЭР9П:

КВ1, КВ2 — контакторы вентилятора вагона; ДВ1, ДВ2 — электродвигатели вентилятора; АРФ — расщепитель фаз; КР — контактор выключения АРФ; КНТ, КВН — контакторы электродвигателя насоса трансформатора; ДНТ — электродвигатель насоса трансформатора; КНР — пусковой контактор АРФ; ПНФ — реле-повторитель напряжения АРФ; РВФ — реле времени АРФ.

Таблица ХIII-10

Последовательность замыкания контакторов первой половины кузова электровоза ВЛ10

Режим	Соединение	Позиция	Индивидуальные контакторы																		Групповой контактор КСП1							Групповой контактор КСП0			
			1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13 213	14 214	15 215	16 216	18 19	101	300	22	23	24	25	26	27	30	31	32	33	
Тяговый	Последовательное С	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		1	—	—	3	4	—	—	—	—	—	—	●	●	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		2	—	—	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		3	—	—	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		4	—	—	3	4	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		5	—	—	3	4	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		6	—	—	3	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		7	—	—	3	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		8	—	—	3	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		9	—	—	3	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		10	—	—	3	4	5	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		11	—	—	3	4	5	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		12	—	—	3	4	5	—	7	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		13	—	—	3	4	5	6	7	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		14	—	—	3	4	5	6	7	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		15	—	—	3	4	5	6	7	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		16	—	—	3	4	—	6	7	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		ОП1	—	—	3	4	—	6	7	10	—	—	—	●	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		ОП2	—	—	3	4	—	6	7	10	—	—	—	●	●	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
		ОП3	—	—	3	4	—	6	7	10	—	—	—	●	●	●	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—	
ОП4	—	—	3	4	—	6	7	10	—	—	—	●	●	●	●	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	—	32	—		

Режим	Соединение	Позиция	Индивидуальные контакторы																	Групповой контактор КСП1						Групповой контактор КСП0				
			1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13 213	14 214	15 215	16 216	18 19	101	300	22	23	24	25	26	27	30	31	32	33
Тяговые	Последовательно-параллельное СП	17	—	—	3	4	—	6	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		18	—	—	3	4	5	6	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		19	—	—	3	4	5	—	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		20	—	—	3	4	5	—	7	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		21	—	—	3	4	5	—	7	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		22	—	—	3	4	5	—	7	—	11	—	12	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		23	—	—	3	4	5	—	7	—	11	—	12	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		24	—	—	3	4	5	—	7	—	10	—	12	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		25	—	—	3	4	5	6	7	—	10	—	12	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
		26	—	—	3	4	5	6	7	—	10	—	12	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
27	—	—	3	4	5	6	7	8	10	11	12	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33		
		ОП1-4	—	—	3	4	5	6	7	8	10	11	12	См. соедине- ние С				—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33
Тяговые	Параллельное П	28	1	2	3	4	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33
		29	1	2	3	4	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33
		30	1	2	3	4	—	—	8	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33
		31	1	2	3	4	—	—	8	—	11	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33
		32	1	2	3	4	—	—	8	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33
		33	1	2	3	4	—	6	6	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33
		34	1	2	3	4	5	6	—	8	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33	
		35	1	2	3	4	5	—	—	8	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33	
		36	1	2	3	4	5	—	7	8	10	—	12	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33	
		37	1	2	3	4	5	6	7	—	10	11	12	—	—	—	—	—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33	
		ОП1-4	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	См. соедине- ние С				—	—	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33		
Тормозной	Ц Ц С	1	—	3	4	—	6	7	—	10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	—	—	32	—	33
		1	—	3	4	—	6	7	—	10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33	
		1	—	3	4	—	6	7	—	10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	22	—	—	25	—	—	30	31	—	33	
		1	—	2	3	—	—	7	—	10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	300	—	23	24	—	26	27	30	31	—	33

Таблица XIII-III

Посредствительность замыкания контактов второй половины кузова электровоза ВЛ10

[illegible]

Режим,	Соеди- нение	Пози- ция	Индивидуальные контакторы																		Групповой контактор КСП II					Сопрово- ждение рео- стата элек- тродвиг., тросов, Ом					
			1	2	3	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	101	300	22	23	24		25	26	27		
													213	214	215	216		21												22	23
Тяговые	Соединение СП	17	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	2,321	
		18	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	1,929	
		19	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	1,436	
		20	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	1,285	
		21	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	1,029	
		22	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	0,959	
		23	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	0,664	
		24	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	0,395	
		25	—	2	3	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	0,266	
		26	—	2	3	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	—	0,155
		27	—	2	3	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	22	—	—	—	—	—	—	—	0,0
		ОП-4	—	2	3	—	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	17	—	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—	—	—	—
Тяговые	Параллельное П	28	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,081	
		29	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,949	
		30	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,786	
		31	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,648	
		32	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,512	
		33	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,419	
		34	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,299	
		35	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,182	
		36	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,083
		37	1	2	3	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0
		ОП-4	1	2	3	—	—	—	—	—	—	11	—	—	—	—	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Тормозной	С	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	—			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Переходы с одного соединения двигателей на другое производятся шунтированием группы двигателей резисторами. При переходе с С на СП используется группа резисторов $P23 - P26$ сопротивлением 3,363 Ом, при переходе с СП на П — специальные переходные резисторы $P81 - P82$ и $P83 - P84$ по 2,1 Ом каждый. Замыкание двигателей на реостаты происходит со стороны высокого напряжения шунтируемой группы и выполняется при первом переходе контакторным элементом 33-0 (двигатели V-VIII) и при втором переходе контакторными элементами 23-1 и 23-2 (двигатели I-II и V-VI). Для ограничения бросков тока и подготовки ступени расчетного сопротивления на следующем соединении в процессе перехода вводятся в цепь двигателей секции $P6 - P8$ и $P28 - P30$ на первом переходе (выключением контакторов 10-1 и 10-2) и на втором — секции $P1 - P3$ и $P23 - P25$ (контакты 5-1 и 5-2).

Тормозной режим. На электровазоне применена схема с противозбуждением возбудителя, обеспечивающая поддержание заданного режима рекуперативного торможения при изменении напряжения в контактной сети. Токи рекуперации и возбуждения воздействуют на магнитную систему генератора преобразователя: на его полюсах размещены обмотки независимого возбуждения $H4-HH4$ и размагничивающие витки $H2-HH2$, $H3-HH3$, обтекаемые током якорей.

Выравнивание нагрузок тяговых двигателей разных половин кузова достигается регулировкой возбуждения генераторов $ПГ1$ и $ПГ2$ потенциометром $P180 - P181$. Предусмотрено 15 позиций регулирования независимого возбуждения генераторов $ПГ1$ и $ПГ2$, производимого тормозной рукояткой контроллера машиниста.

Включение рекуперативного торможения происходит автоматически под контролем реле рекуперации, замыкающим линейные контакторы при уменьшении разности между э. д. с. двигателей и напряжением контактной сети до 80—100 В. Контакторы 2-2, 17-2 (на соединении С также и 3-2) замыкаются на 1-й позиции главной рукоятки, подготавливая цепь якорей двигателей к включению торможения. Включение остальных линейных контакторов происходит на одном из положений тормозной рукоятки в зависимости от скорости движения и напряжения в контактной сети. На соединении С торможение начинается при срабатывании реле рекуперации 62-1, на СП и П — раздельно в каждой половине кузова под контролем реле 62-1 и 62-2. После замыкания контакторов 3-2 и 4-1 из цепи тока рекуперации контакторами 6, 7, 10, 11-1(2) выводятся пусковые реостаты. Главная рукоятка контроллера машиниста остается при этом на 1-й позиции.

Защита силовой и вспомогательных высоковольтных цепей. Быстродействующий выключатель 51-1 отключает токи к.з. при протекании их в прямом направ-

лении и величине, превышающей ток устав-ки.

При рекуперативном торможении отключение БВ при внешнем к. з. происходит под воздействием быстродействующих контакторов (БК) 302, 303-1(2). При к. з. в цепях электровазона отключение может последовать в результате срабатывания дифференциального реле ДР или БК в зависимости от места к. з. и величины тока. Кроме того, БВ отключается при срабатывании реле перегрузки преобразователей 57-1, 57-2, а также косвенным путем при выключении мотор-вентиляторов. Последнее происходит при отключении контакторов преобразователей 40-1, 40-2, снижении давления в тормозной магистрали до 2,7—2,9 кгс/см² или повышении напряжения на двигателях выше 4000 В в течение 10 с и более.

Реле перегрузки тяговых двигателей 65, 66-1(2) при превышении тока уставки замыкает своими контактами цепь сигнальной лампы. Кроме того, при параллельном соединении тяговых двигателей и езде под током на позициях ОП2 — ОП4 отключаются контакторы ослабления поля, а при рекуперативном торможении в цепь тока возбуждения генератора вводится резистор.

Дифференциальное реле 52-1 при достижении тока уставки разрывает цепь удерживающей катушки БВ. Реле максимального напряжения 64-1 при повышении напряжения срабатывает, включая сигнальную лампу, а при параллельном соединении двигателей действует так же, как и реле перегрузки двигателей. Реле боксования 143-1, 144-1, 145-2, 146-2 в случае возникновения боксования колесных пар замыкают цепь питания сигнальной лампы и включают подачу песка под колеса электровазона.

Защита вспомогательных цепей осуществляется быстродействующим выключателем 53-2 (рис. XIII-97). Реле перегрузок и других аппаратов в этих цепях не предусмотрено. Реле перегрузки 57-1 и 57-2 (см. рис. XIII-96) преобразователей отключают быстродействующий выключатель 51-1.

Цепи управления. Тяговый режим. Схема цепей управления (рис. XIII-98) в тяговом режиме обеспечивает включение линейных контакторов на 1-й позиции только при фиксации групповых переключателей в положении последовательного соединения тяговых двигателей (блокировки КСП0-С, КСП1-С-СП и КСП11-С-СП в проводах $K19 - H66 - K20 - 0$). Тормозные переключатели должны находиться в положении тягового режима (блокировки ТК11-М и ТК1-М в проводах $K19 - K12 - H51$). Цепи управления тормозным режимом должны быть выключены (тормозная рукоятка находится в положении 0). Все линейные контакторы, в том числе 2-2 и 17-2 получают питание от реверсивного барабана контроллера машиниста по проводам 1 (2), H52, H53, K11 через блок-контакты БВ 51-1.

Реостатные контакторы для уменьшения нагрузки на блокировку контактора 4-1 в проводах К27 — К31 и обеспечения включенного положения отдельных контакторов при переходах получают питание по разным цепям. При С и СП соединениях тяговых двигателей питание катушек вентиляторов контакторов 6-2, 7-2, 10-1, 10-2 осуществляется от проводов 5 и 6, контакторов 5-1, 5-2 и 6-1 — от провода 8 и контакторов 11-1 и 11-2 — от провода 23. На параллельном соединении катушки вентиляторов перечисленных контакторов получают напряжение от провода 4. Необходимая последовательность работы контакторов при переходах как при прямом, так и при обратном движении главной рукоятки контроллера машиниста обеспечивается блокировками групповых переключателей КСПО, КСПИ и КСПИИ.

Уравнивательные контакторы выключаются на ходовых позициях блокировками контакторов 10-1 и 11-1: контактор 20-2 на 27-й и 37-й позициях и контакторы 8-1 и 8-2 на 37-й позиции.

Для управления контакторами ослабления поля использован контактор цепи обмотки независимого возбуждения генератора 76-1. Его блокировка в проводах 31—Н11 совместно с блокировкой контактора 13-1 в проводах Н11—46 образует цепь самоблокировки контакторов первой

ступени ослабления поля 13-1, 13-2. При перегрузке тяговых двигателей на позициях ОП2—ОП4 срабатывание реле перегрузки 65-1 вызывает отключение контактора 76-1 и с помощью его блокировки контакторов 13-1, 13-2. Для повторного включения ослабления поля тормозную рукоятку необходимо вернуть на 1-ю позицию ОП.

Тормозной режим. Для перехода на рекуперативное торможение предварительно должны быть переведены на высокую частоту вращения мотор-вентиляторы и включены возбuditели. При этом напряжение по проводу К89 подводится к кнопке *Возбудители* (рис. XIII-99). Блокировки 302-1 (2) и 303-1 (2) подготавливают цепь питания удерживающей катушки БВ и мотор-вентиляторов в тормозном режиме. Одновременно включается реле 170-1 (см. рис. XIII-98), подготавливая цепь питания контакторов возбуждения двигателей 18-1, 19-1, 18-2, 19-2 и генератора 74-1. При включении возбuditелей блокировки 40-1 и 40-2 (см. рис. XIII-99) создают цепь питания контакторов мотор-вентиляторов по проводам Н6, Н132, Н7, К72, К98.

При установке реверсивно-селективной рукоятки в положение СП или П групповые переключатели переходят в заданное положение, получая питание по проводу 7 или 24 (см. рис. XIII-98). На соединениях

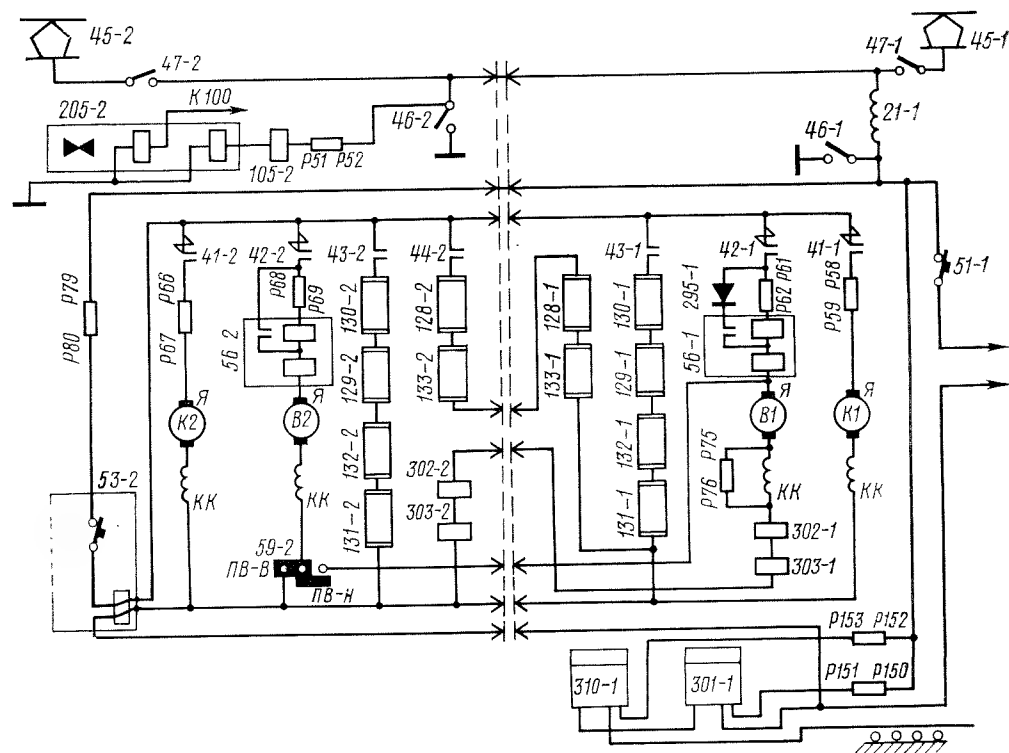


Рис. XIII-97. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ10:

В1, В2 — электродвигатели вентиляторов; К1, К2 — электродвигатели компрессоров; 41-1, 42-1, 43-1 (2), 44-2 — контакторы электромагнитные; 53-2 — быстродействующий выключатель; 56-1, 56-2 — пусковые панели; 59-2 — переключатель вентиляторов; 128—133-1 (2) — печи электрические; 295-1 — дном; 302-1, 303-1 (2) — включающие катушки быстродействующих контакторов

С и СП по проводам 6 (5) — Н69 — К26 подается напряжение на контакторы 101-1, 101-2, а на соединении П после поворота группового переключателя КСПИ по проводам 24 — К25 — на контакторы 300-1 и 300-2. Напряжение по проводам К26 — К27 или К25 — Н68 — К27 подводится также к вентилям приводов тормозных переключателей.

Для большей надежности блокировки реле рекуперации 62-1 и 62-2 шунтируются блок-контактами линейных контакторов 3-1 и 3-2. Блокировки включившихся контакторов 3-2 и 4-1 в проводах Н120-Ж и Н65-Ж соединяют с «землей» провода 12, 13, 20, 22 и 11, 14, 19, 21, смонтированные на промежуточных реле 102-1 и 103-1. Контактors 6, 7, 10, 11 обеих половин кузова включаются и выводят пусковые реостаты из цепи тока рекуперации.

Цепи управления защитой и вспомогательными машинами. Отключение защиты при длительном повышении напряжения на двигателях свыше 4000 В осуществляется с помощью реле времени 134-1 и промежуточного реле 279-1 (см. рис. XIII-99).

При нажатии кнопки БВ по проводу К71 подается напряжение в провода К85 и Н30, а также на разрядный резистор Р136 — Р137. Тормозной переключатель должен находиться в тяговом положении. Нажатием кнопки *Возврат БВ1* напряжение при нулевом положении главной рукоятки контроллера машиниста подается на вентиль *Возврат 51-1* и включающую катушку дифференциального реле 52-1. Для предотвращения отключения 51-1 при переходах на тормозной режим необходимо сначала включить вентиляторы на высокую скорость и возбuditели. Перед отключением возбuditелей нужно кратковременно собрать схему тягового режима на 1-й позиции главной рукоятки контроллера. Замыкание блокировок ТК1-М в проводах Н5, Н6, К98 сохраняет БВ во включенном положении.

Цепи управления вспомогательными машинами, печами и токоприемниками выполнены по обычно применяемым схемам. В схему панели управления генераторами управления и аккумуляторной батареи вносятся изменения, позволяющие поддерживать напряжение цепи управления в пределах 50 ± 2 В при изменениях нагрузки в низковольтных цепях.

Напряжение в цепи управления подается с распределительного щита аккумуляторной батареи 77-2.

XIII-13. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА ЧС2

В силовую цепь входят тяговые двигатели 061—066 (рис. XIII-100), реверсоры 070, 080, пусковые реостаты 050—051, главный групповой переключатель 040 и аппараты защиты тяговых двигателей.

Ступенчатый разгон электровоза обеспечивается пусковыми реостатами, подключаемыми контакторами главного конт-

роллера 040 в определенной последовательности (табл. XIII-13).

На каждой из ходовых позиций 20, 33 и 42 предусмотрена возможность шунтирования обмоток возбуждения тяговых двигателей. Шунтирование производится контакторами группового контроллера шунтировки 090. В шунтирующие цепи входят резисторы 100, 101, 102, 103 и индуктивные шунты 105—108. Последовательность замыкания контакторов переключателя ослабления поля дана в табл. XIII-14.

В случае повреждения одного из тяговых двигателей можно отключить его или целиком группу, в которую он входит, и продолжать движение при пониженной мощности. Для этого необходимо вручную перевести барабан реверсора соответствующего двигателя или группы двигателей в нулевое положение и сделать переключения на клеммовой панели 175, согласно приведенному на ней плану.

При повреждении тягового двигателя 061 или 066 необходимо установить переключатель аварийного движения в положение *Авария*. Пуск осуществляется на всех соединениях как при нормальном движении. На последовательном соединении работают или пять тяговых двигателей (при повреждении двигателя 061 или 066), или четыре (при повреждении одного двигателя из группы 062—063 или 064—065). На последовательно-параллельном соединении работают только три двигателя. На параллельном соединении работают две группы тяговых двигателей, в каждой из которых два двигателя соединены последовательно.

Для ввода электровоза в депо на пониженном напряжении кабель от источника напряжения подводится к штепсельной розетке 1711 или 1712, а разъединитель 170 устанавливается в положение, при котором соединяются зажимы А и С.

Главный быстродействующий выключатель предназначен для защиты оборудования электровоза от токов к. з. Для этого устанавливается также дифференциальное реле. Каждая группа тяговых двигателей защищена от перегрузок реле максимального тока 031, 032, 033.

Защиту от боксования тяговых двигателей обеспечивают трансдукторы 140 (электродвигатели 062, 063, 064, 065) и 141 (электродвигатели 061, 066). Оба трансдуктора управляют реле боксования, которое в зависимости от степени боксования или сигнализирует о боксовании и производит подачу песка под колесные пары, или отключает главный быстродействующий выключатель.

Чтобы обеспечить нормальную работу всего электрического оборудования, необходим рабочий диапазон напряжения в пределах 2200—4000 В. Защита оборудования от напряжений, отличных от указанных пределов, осуществляется реле напряжения 110, воздействующим на главный выключатель. Защиту от перенапряжений обеспечивают разрядник 006, защищающий от атмосферных перенапряжений, и конденсатор 010 с параллельно

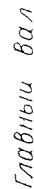
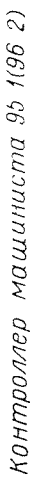
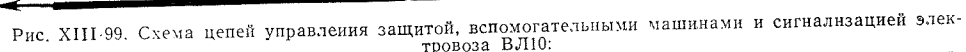
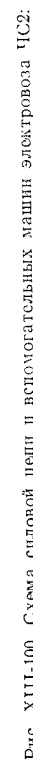


Рис. XIII-98. Схема цепей управления тяговыми двигателями электровоза ВЛ10:

1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 1-2, 2-2, 3-2, 17-2 — катушки вентилей линейных контакторов; 5-1, 6-1, 7-1, 10-1, 11-1, 12-1 (2) — то же реостатных контакторов; 8-1, 8-2, 20-2 — то же уравнительных контакторов; 13-1, 14-1, 15-1, 16-1 (2) — то же контакторы ослабления поля; 18-1, 19-1 (2) — то же контакторы возбуждения тяговых двигателей; 74-1, 76-1 — катушки приводов электромагнитных контакторов; 95-4, 96-2 — контроллеры машиниста; 97-1, 98-2 — реверсоры; 99-1, 100-2 — тормозные переключатели; 101-1, 101-2, 300-1, 300-2 — катушки вентилей контакторов рекуперации; 102-1, 103-1 — реле промежуточные; 119-1, 120-1, 121-1 — переключатели групповые; 122-1, 122-2 — клапаны электрообливочные; 123-1, 123-2 — клапаны электропневматические; 277-1 — счетчик срабатываний БВ; 278-1 — реле времени; РБ — сигнальные лампы реле бокования; РПП — сигнальные лампы реле пониженного напряжения



218



219

Последовательность замыкания контакторов главного контроллера электровоза ЧС2

Соединя- ния	Позиция	Реостатные контакторы																Контакторы с дугогашителем								Сопротив- ление рео- стата, Ом										
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	17	18	19	23	24	25	16	20	21		22	26	27	28	29	30	31	32		
Последовательное	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	1	01	—	—	—	—	—	07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	20	—	22	—	—	—	—	—	—	—	—	12,6686	
	2	01	02	—	—	—	—	07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	—	23	—	—	16	20	—	22	—	27	—	—	—	—	—	8,7086		
	3	01	02	—	—	—	—	07	—	—	—	—	—	—	—	—	17	18	—	23	—	25	16	20	—	22	—	27	—	—	—	—	—	6,7286		
	4	01	02	—	—	—	—	07	—	09	—	—	—	—	—	—	17	—	—	—	—	25	16	20	—	22	—	27	—	—	—	—	—	—	5,7386	
	5	01	02	03	—	—	—	07	—	09	—	—	—	—	—	—	17	—	—	—	—	25	16	20	—	22	—	27	—	—	—	—	—	—	4,9824	
	6	01	—	03	—	—	—	07	—	09	10	—	—	—	—	—	17	—	—	—	—	25	16	20	—	22	—	27	—	—	—	—	—	—	4,2262	
	7	01	—	03	—	—	—	07	—	—	10	—	—	—	—	—	17	—	—	—	—	24	16	20	—	22	—	27	—	—	—	—	—	—	3,7735	
	8	01	—	03	—	—	—	07	—	—	10	—	—	—	—	—	17	—	19	—	24	25	16	20	—	22	—	27	—	—	—	—	—	—	3,361	
	9	01	—	03	—	—	—	07	—	—	10	—	—	—	—	—	17	—	19	—	24	25	16	20	—	22	—	26	27	—	—	—	—	—	3,031	
	10	01	—	03	—	—	—	07	—	—	10	—	—	—	—	—	17	18	19	23	24	—	16	20	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	2,701	
	11	01	—	03	04	—	—	07	—	—	10	—	—	—	—	—	—	18	19	23	24	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	2,4138
	12	01	—	03	04	—	—	07	—	—	10	11	—	—	—	—	—	18	19	23	24	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	2,126
	13	01	02	03	04	—	—	07	—	—	10	11	—	—	—	—	—	—	19	—	24	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	1,8513
	14	01	02	—	04	—	—	07	—	09	10	11	—	—	—	—	—	—	19	—	24	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	1,5766
	15	01	02	—	04	05	—	07	—	09	—	11	—	—	—	—	—	—	19	—	24	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	1,3533
	16	01	02	—	04	05	—	07	—	09	—	11	12	—	—	—	—	—	19	—	24	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	1,1300
	17	01	—	03	—	05	—	07	—	09	10	—	12	—	—	—	—	—	19	—	24	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	0,7280
	18	01	—	03	—	05	06	07	—	—	10	—	12	—	—	—	—	—	19	—	24	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	0,5190
	19	01	—	03	04	05	06	07	—	—	10	11	12	13	—	—	—	—	—	—	—	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	0,2284
	20	01	02	—	04	—	06	07	—	—	—	11	—	13	14	—	—	—	—	—	—	—	16	—	—	21	—	26	27	—	—	—	—	—	—	0,000

Последовательно-параллельное		21	01	02	—	—	—	—	08	—	—	—	—	—	14	—	17	—	—	—	—	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	1,2513*
Параллельное		22	01	02	—	—	—	—	08	09	—	—	—	—	14	—	17	—	—	—	—	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,7626
		23	01	02	03	—	—	—	08	09	—	—	—	—	14	—	17	—	—	—	—	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	1,0530
		24	01	—	03	—	—	—	08	09	—	—	—	—	14	—	17	—	—	—	—	24	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,7626
		25	01	—	03	—	—	—	08	09	—	—	—	—	14	—	17	18	19	23	24	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,824
		26	01	—	03	—	—	—	08	—	10	—	—	—	14	—	17	18	19	23	24	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,6752
		27	01	—	03	04	—	—	08	—	10	11	—	—	14	—	17	18	19	23	24	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,5316
		28	01	02	—	04	—	—	08	09	—	11	—	—	14	—	17	18	19	23	24	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,3941
		29	01	02	—	04	05	—	08	09	—	11	12	—	14	—	17	18	19	23	24	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,2824
		30	01	—	03	—	—	—	08	—	10	11	12	—	14	—	17	18	19	23	24	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,182
		31	01	—	03	—	06	—	08	—	10	11	12	—	14	—	17	18	19	23	24	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,109
		32	01	—	03	04	05	—	08	—	10	11	12	13	14	—	17	18	19	23	24	25	16	—	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,0571
		33	01	02	03	04	—	06	—	08	09	10	11	—	13	14	—	—	18	19	23	24	—	16	—	—	—	27	28	29	—	—	—	—	—	0,000
		34	01	—	03	04	—	—	08	—	10	—	—	—	14	—	17	18	—	23	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5962
		35	01	02	03	04	—	—	08	09	10	—	—	—	14	—	—	18	19	23	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4968
		36	01	02	03	04	—	—	08	09	10	11	—	—	14	—	—	18	19	23	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3941
		37	01	02	—	04	05	—	08	09	10	11	—	—	14	—	—	18	19	23	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3284
		38	01	02	03	04	05	—	08	09	10	11	—	—	14	—	—	18	19	23	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2489
		39	01	02	03	—	05	—	08	09	10	11	12	—	14	—	—	18	19	23	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,182
		40	01	—	03	—	05	06	—	08	—	10	11	12	14	—	—	18	19	23	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,109
		41	01	—	03	04	05	06	—	08	—	10	11	12	13	14	—	18	19	23	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0571
		42	01	02	03	04	05	06	—	08	09	10	11	12	13	14	15	18	19	23	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,000

* В числителе — сопротивление главной части реостата; в знаменателе — его переходной ветви.

Таблица XIII-14

Последовательность включения контакторов переключателя ослабления поля

Позиция	Контактор				Сопротивление шунтирующего резистора, Ом				Ослабление поля, %
	13 09 05 01	14 10 06 02	15 11 07 03	16 12 08 04	100	101	102	103	
0					—	—	—	—	100
I	×				0,27785	0,2752	0,1361	0,1348	85
II		×			0,09985	0,0972	0,0471	0,0458	70
III			×		0,04785	0,0452	0,0211	0,0198	57,5
IV	×		×	×	0,03049	0,0263	0,0124	0,01112	47,5
V	×	×	×	×	0,01135	0,0067	0,0028	0,00155	40

включенным разрядным резистором 012. Конденсаторы 193, 194 с встроенными предохранителями совместно с дросселями 191, 192 образуют цепь защиты от радиопомех. Для отвода тока тяговых двигателей предназначено устройство отвода тока 130. Заземление высоковольтных цепей электровоза осуществляется заземлителем 005.

Схема цепей управления. Все цепи управления, освещения и сигнализации питаются постоянным током напряжением 50 В, которое получают от одного из генераторов управления 801, 802 (см. рис. XIII-100). При неработающих генераторах источником электроэнергии является аккумуляторная батарея. Включение разъемов возможно только из одной кабины машиниста соответствующими выключателями цепей управления. Питание цепи управления разъединителями осуществляется через предохранитель и блок-контакты главного выключателя 021.

Управление токоприемниками производится только из той кабины машиниста, где включен выключатель управления. Также должен быть включен один из разъединителей и заблокированы защитные сетки высоковольтной камеры и лестница для подъема на крышу электровоза. Для исключения опускания токоприемников под нагрузкой блок-контакты привода токоприемников включены в цепь удерживающего электромагнита быстродействующего выключателя 021. При отсутствии сжатого воздуха в пневматической системе токоприемников включается вспомогательный компрессор, электродвигатель которого питается от аккумуляторной батареи через плавкий предохранитель.

После замыкания одного или обоих разъединителей и подъема токоприемника 001 и 002 можно включить быстродействующий выключатель. Включение главного быстродействующего выключателя возможно только из той кабины машиниста, где включен выключатель управления.

Вспомогательные высоковольтные цепи и цепи управления ими. Силовая часть вспомогательных цепей состоит из электродвигателей компрессоров, вентиляторов, элементов калориферов обогрева кабин машиниста и устройств для

питания электроэнергией отопительной системы пассажирских вагонов (см. рис. 100). Система вспомогательных машин электровоза выполнена на основе двигателей постоянного тока, рассчитанных на напряжение контактной сети 3000 В и длительный режим работы. В цепи двигателей вентиляторов и компрессоров постоянно включены добавочные резисторы 216, 217, 218, 219, которые понижают номинальное напряжение двигателей до 2800 В и снижают механические удары при пуске. Разгон всех двигателей двухступенчатый. Первая ступень включается у вентиляторов контактором 210, у компрессоров — контакторами 206, 208 через резисторы 216, 217, 218, 219 (клеммы А-В). Вторая ступень включается реле времени 4071, 4072, 4073 и контакторами 207, 209 (для компрессоров) и 211 (для вентиляторов), которые выводят часть АС резисторов, оставляя постоянно включенной ветвь ВС резисторов 216, 217, 218, 219. В цепи мотор-вентиляторов имеется ручной переключатель 240 для соединения двигателей последовательно или параллельно. При разряженной аккумуляторной батарее пуск вентиляторов возможен с помощью переключателя 214 и клеммной доски 200 непосредственно от токоприемника, минуя главный выключатель 021.

Защита двигателей осуществляется тепловыми реле 230, 231, 232, 233 и предохранителями 204, 205, а также дифференциальным реле вспомогательных цепей 201.

Для обеспечения надежной и безопасной защиты двигателей одновременно с отключением быстродействующего выключателя 021 предусмотрено отключение всех электромагнитных контакторов двигателей. При отключении выключателя 021 контакты реле разрывают цепь контакторов вспомогательных машин.

XIII-14. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭР2

Силовая схема моторного вагона включает в себя четыре тяговых двигателя 1—4 (рис. XIII-101), пусковые реостаты P1—P10, контакторы линейные ЛК1-2, мостовой М и переходные П1, П2. При пуске электропоезда все тяговые двига-

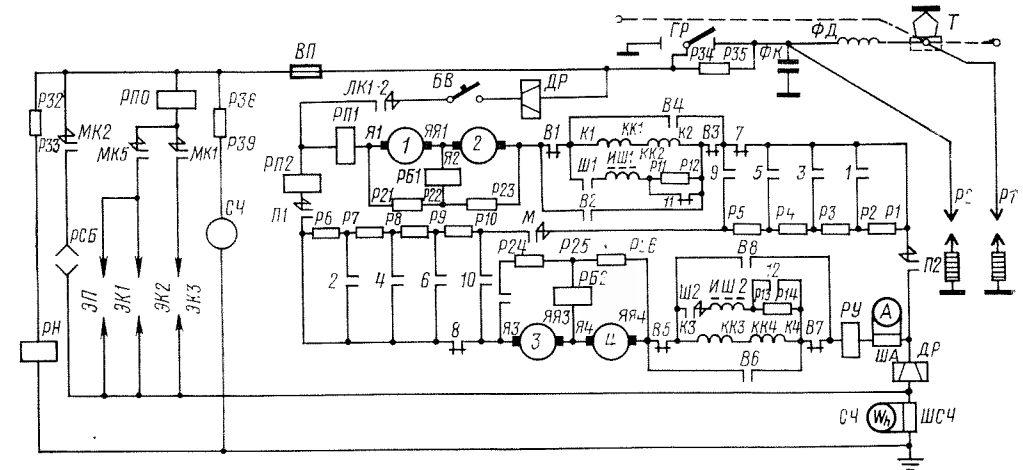


Рис. XIII-101. Схема силовой и вспомогательной высоковольтных цепей моторного вагона электропоезда ЭР2:

Т — токоприемник; ФД — дроссель защиты от радиопомех; ФК — конденсатор защиты от радиопомех; ГР — главный разъединитель; ДР — дифференциальное реле; ВП — высоковольтный предохранитель вспомогательных цепей; ВВ — быстродействующий выключатель; ЛК1-2 — линейные контакторы; РП1, РП2 — реле перегрузки тяговых двигателей; Я1-Я4 — реле реверсивного переключателя; К1-К4 — обмотки главных полюсов тяговых двигателей 1-4; Р1, Р2 — разрядники; 1-12 — высоковольтные контакторы силового контроллера; П1, П2 — контакторы перехода; М — мостовой контактор; РБ1, РБ2 — реле бокования; ИШ1, ИШ2 — индуктивные шунты; Ш1, Ш2 — контакторы ослабления поля; РУ — реле ускорения; А — амперметр силовой цепи; РПО — реле перегрузки отопления; МК1, МК2, МК5 — высоковольтные контакторы; ЭК1-ЭК3 — электрокалориферы; ЭП — электронагреватели; РН — реле напряжения; РСБ — розетка высоковольтная

тели включены последовательно и в их цепь полностью введены пусковые реостаты. По мере разгона поезда отдельные секции реостатов выводятся контакторами 1—10 силового контроллера, имеющего 8 позиций (табл. XIII-15)

Для повышения скорости поезда предусмотрено ослабление поля тяговых двигателей с помощью индивидуальных контакторов Ш1, Ш2 и контакторов 11 и 12, установленных в силовом контроллере. Контактры обеспечивают включение па-

Таблица XIII-15

Последовательность замыкания контакторов моторного вагона электропоезда ЭР2

Соединение	Позиция	Контакторы																Сопротивле- ние пусково- го реостата, Ом	Коэффициент возбуждения поля, %
		ЛК1-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	П1-2	М	Ш1-2		
После- дова- тель- ное	1	ЛК1-2	—	—	—	—	—	—	7	8	—	—	11	12	—	М	—	17,66	100
	2	ЛК1-2	1	—	—	—	—	—	7	8	—	—	—	—	—	М	—	13,80	100
	3	ЛК1-2	1	2	—	—	—	—	7	8	—	—	—	—	—	М	—	9,94	100
	4	ЛК1-2	1	2	3	—	—	—	7	8	—	—	—	—	—	М	—	8,10	100
	5	ЛК1-2	—	2	3	4	—	—	7	8	—	—	—	—	—	М	—	6,26	100
	6	ЛК1-2	—	—	3	4	5	—	7	8	—	—	—	—	—	М	—	4,60	100
	7	ЛК1-2	—	—	—	4	5	6	7	8	—	—	—	—	—	М	—	2,94	100
	8	ЛК1-2	—	—	—	—	5	6	7	8	9	—	—	—	—	М	—	1,47	100
	9	ЛК1-2	—	—	—	—	—	6	7	8	9	10	—	—	—	М	—	0,00	100
	10	ЛК1-2	—	—	—	—	—	—	—	8	9	10	—	—	—	М	Ш1-2	0,00	67
	11	ЛК1-2	—	—	—	—	—	—	—	—	9	10	11	12	—	М	Ш1-2	0,00	50
Парал- лель- ное	12	ЛК1-2	—	—	—	—	—	—	—	—	9	10	11	12	П1-2	—	Ш1-2	8,83	50
	13	ЛК1-2	1	2	—	—	—	—	—	—	9	10	11	12	П1-2	—	—	4,97	100
	14	ЛК1-2	1	2	3	4	—	—	—	—	9	10	—	—	П1-2	—	—	3,13	100
	15	ЛК1-2	—	—	3	4	5	6	—	—	9	10	—	—	П1-2	—	—	1,47	100
	16	ЛК1-2	—	—	—	—	5	6	7	8	9	10	—	—	П1-2	—	—	0,00	100
	17	ЛК1-2	—	—	—	—	—	—	7	8	9	10	—	—	П1-2	—	Ш1-2	0,00	67
	18	ЛК1-2	—	—	—	—	—	—	7	8	9	10	11	12	П1-2	—	Ш1-2	0,00	50

параллельно обмоткам возбуждения тяговых двигателей резисторов и индуктивных шунтов и позволяют получить ослабление возбуждения до 67 и 50%.

Для изменения направления хода моторного вагона служит реверсивный переключатель (реверсор), контакторы которого В1—В8 включены в цепь обмоток возбуждения К1—КК1 — К4—КК4 тяговых двигателей.

Защита силовой цепи от коротких замыканий осуществляется быстродействующим выключателем ВВ и дифференциальным реле ДР, от перегрузок — реле РП, от боксования — реле РБ, от перенапряжений — разрядниками Р1 и Р2. Для снижения помех радиоприему, создаваемых электрооборудованием моторного вагона при его работе, имеются индуктивный и емкостной фильтры ФД и ФК. Главный разъединитель ГР позволяет выключать силовую цепь данного моторного вагона и заземлять ее. В этом случае конденсатор ФК разряжается через разрядный резистор Р34 — Р35.

Схемы цепей управления. Для моторного вагона схемы цепей управления приведены на рис. XIII-102 и XIII-103.

При установке в рабочее положение реверсивной рукоятки контроллера машиниста ставится под напряжение 50 В провод 11 или 12 цепи управления и на всех моторных вагонах получают питание соответствующие катушки Вперед или Назад вентилей привода реверсора. При наличии напряжения 50 В в цепи провода 2, достаточного давления в тормозной магистрали (что контролируется автоматическим выключателем управления АВУ), высокого напряжения на токоприемнике (замкнуты контакторы РН), нахождении вала силового контроллера РК в первом положении (включен контактор РК1) ставится под напряжение катушка привода контактора ЛК1-2, включаются линейные контакторы. На 2-й и последующих позициях РК цепь питания катушки ЛК1-2 замыкается блок-контактами контакторов М или П1-2.

Катушка вентилей контактора М получает питание от провода 11Б после замыкания ЛК1-2. На 12-й позиции РК (замкнут контактор РК 12-18)* включается контактор П1-2 и выключается М, что завершает переход с последовательного на параллельное соединение тяговых двигателей.

Вывод пусковых реостатов при разгоне поезда и после перехода на параллельное соединение тяговых двигателей производится силовым контроллером под контролем реле ускорения РУ, которое разрешает поворот вала силового контроллера на очередную позицию только после спадания тока в цепи группы тяговых двигателей до 175—170 А.

Поворот вала РК осуществляется поочередной подачей напряжения 50 В на катушки РК1 и РКII вентилей ПВ1 —

ПВ3. Схемой предусмотрена возможность снижения уставки реле ускорения и уменьшения частоты вращения вала силового контроллера. Для этого в цепь подъемной катушки РУ могут быть введены резисторы Р42 — Р52 и Р42—Р43. При боксовании колесных пар включаются контакторы РБ1 и РБ2 (уставка реле РУ снижается примерно до 70 А), а при перегрузке тяговых двигателей — реле РП1-2 (уставка РУ снижается до 100—125 А). Возможно снижение уставки нажатием в головном вагоне кнопки *Пониженное ускорение*, что приводит к включению на всех моторных вагонах реле регулирования ускорения РРУ.

Предусмотрен также ручной пуск поезда, что осуществляется включением соответствующей кнопки на головном вагоне и поворотом главной рукоятки контроллера поочередно в положения 2А — 3А. Включаются реле БР1 и БР2, которые своими контактами замыкают цепь питания вентилей РК1 и РКII.

На головном вагоне размещен пульт управления и контроллер машиниста КМ (рис. XIII-104).

Для повышения безопасности движения электропоезд снабжен устройством контроля положения реверсивной рукоятки КМ, связанным с устройством локомотивной сигнализации, автостопом и скоростемером СЛ-2М.

На кране машиниста установлен контроллер электропневматического тормоза ККМ, на пульте — переключатель этого тормоза, рукоятку которого на головном вагоне поезда устанавливают в положение I, а на хвостовом вагоне — в положение III. При открытой лестнице контактами РБА разорвана цепь питания плюсового провода 22 и зашунтирована кнопка *Токоприемник опущен*. Контакт РБЛ в цепи проводов 36 — 36А обеспечивает выключение отопления вагонов перед опусканием токоприемника в случае открытия лестницы выхода на крышу.

Вспомогательные высоковольтные цепи. На всех вагонах электропоезда к этой цепи относятся электрические печи и электрокалориферы отопления, включаемые электромагнитными контакторами. Защита высоковольтных электрических цепей отопления осуществляется с помощью реле перегрузки.

На моторном вагоне (см. рис. XIII-101) во вспомогательной высоковольтной цепи находится предохранитель ВП и подключены через добавочные резисторы катушки реле напряжения РН и счетчика электроэнергии Сч. Контактормом МК2 при его включении подается напряжение на розетку РСБ междувагонных соединений цепи отопления.

В розетки моторного вагона включены штепсели соседнего головного или прицепного (см. рис. XIII-104) вагонов. На этих вагонах высокое напряжение 3000 В подается на двухколлекторный делитель напряжения Д. К средней точке делителя на напряжение 1500 В подключен электродвигатель компрессора К. Демпферные резисторы в цепи вспомогательных машин

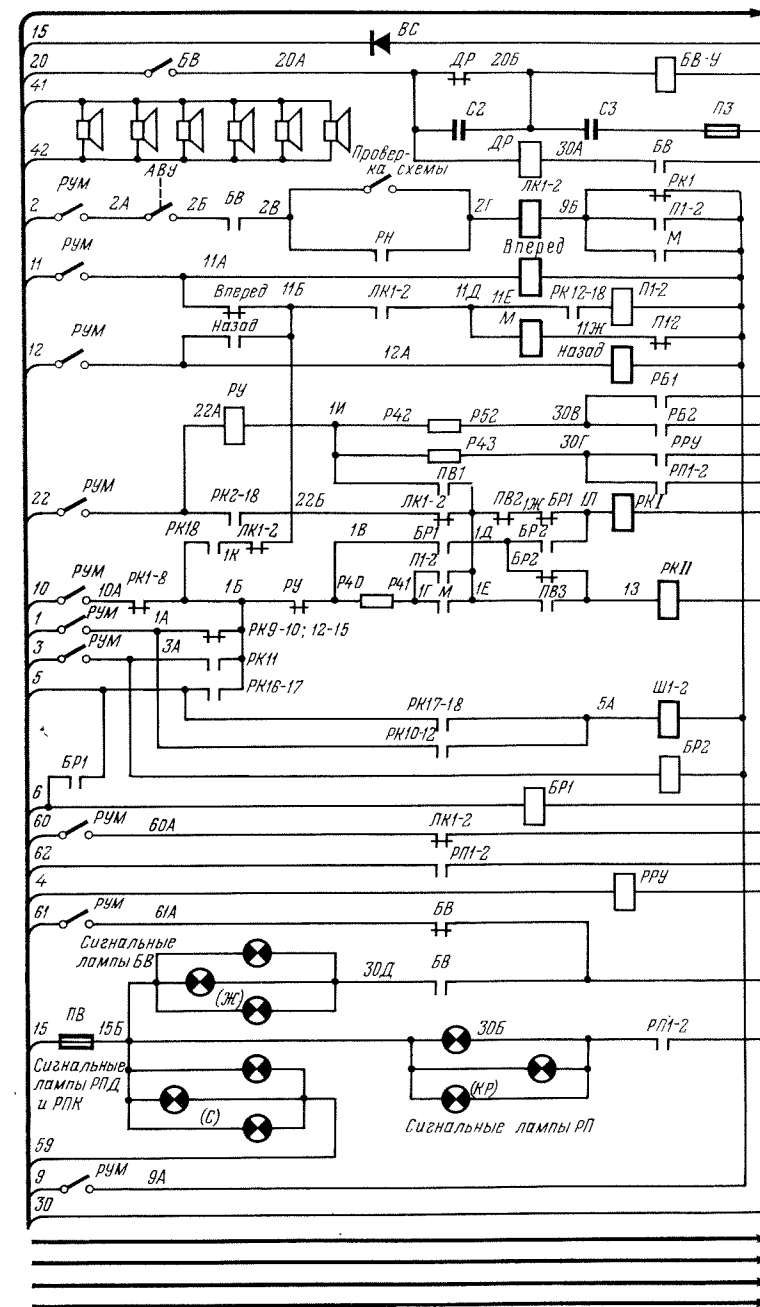


Рис. XIII-102. Схема цепей управления быстродействующим выключателем и силовым контроллером моторного вагона электропоезда ЭР2:

ВВ — селеновый вентиль; РУМ — разъединитель цепи управления; АВУ — автоматический выключатель управления; РК1—РК18 — низковольтные (блокировочные) контакторы силового контроллера; ПВ1—ПВ3 — переключатели вентилей привода силового контроллера; РК1, РКII — вентили привода силового контроллера; БР1, БР2 — реле ручного пуска; РРУ — реле регулирования ускорения

* Цифры после букв РК обозначают номер позиций силового контроллера, на которых данный контактор замкнут.

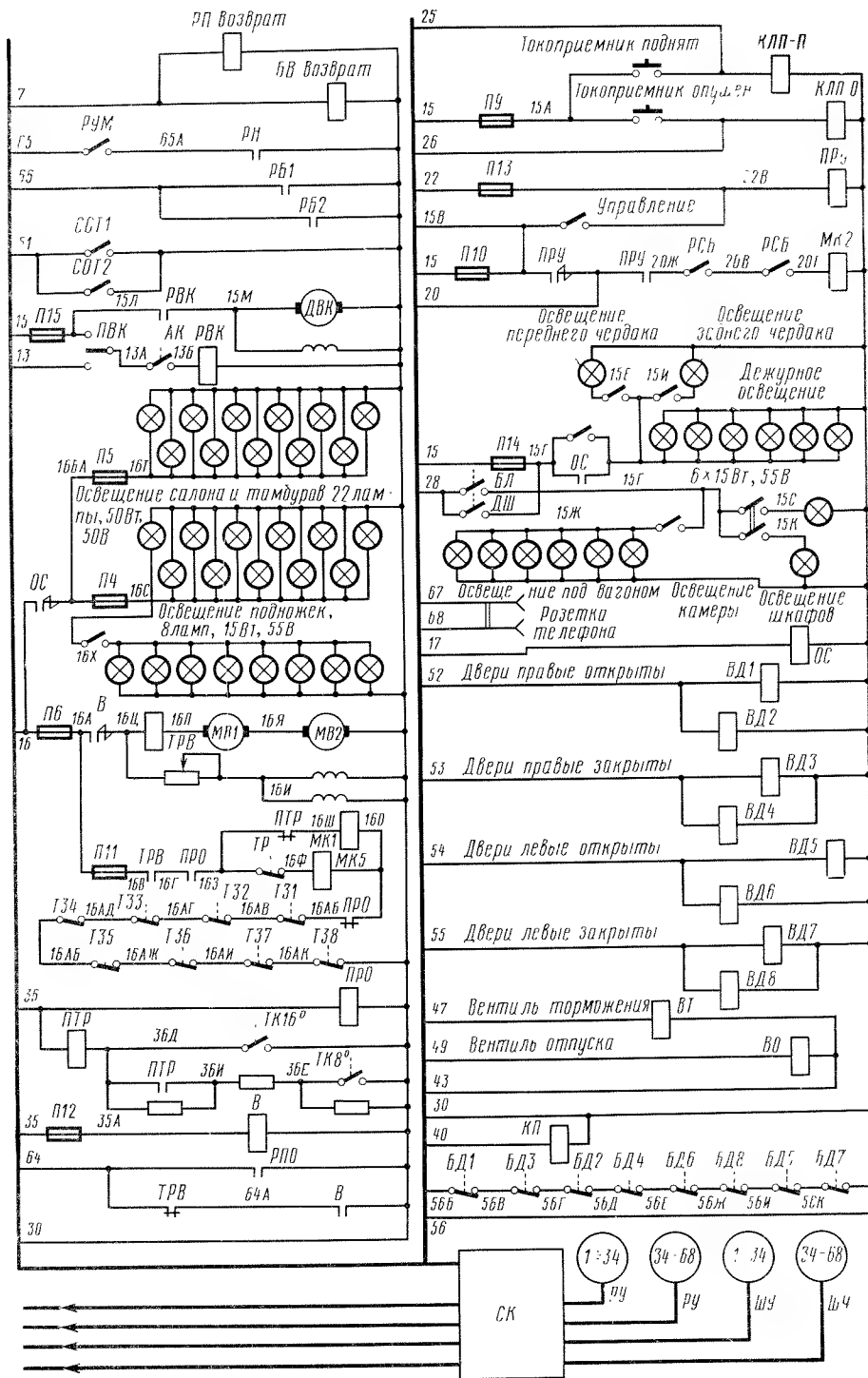


Рис. XIII-103. Схема цепей управления токоприемниками, электропневматическим тормозом, дверями, вспомогательным компрессором, отоплением, вентиляцией и освещением моторного вагона электропоезда ЭР2.

РУ — розетки цепи управления; ШУ — штепсель цепи управления; СК — соединительные (клеммовые) рейки; ПВК, РВК, ДВК — переключатель, реле и электродвигатель вспомогательного компрессора; АК — регулятор давления; ОС — контактор освещения; В — контактор вентиляции; ТРВ — токовое реле вентилятора; МВ1, МВ2 — электродвигатели вентиляторов; ПРО — промежуточное реле отопления; ПТР — промежуточное реле терморегулятора; ТР — терморегулятор; Т31—Т38 — термодатчик с легкоплавкой вставкой; ТК8°, ТК16° — термоконтакты рутинные; КЛП-П, КЛП-О — вентили клапана токоприемника; ПРУ — промежуточное реле управления; БЛ — блокировка лестницы; ДШ — блокировка шкафа; ВД1—ВД8 — вентили привода наружных дверей; ВД1—ВД8 — блокировка наружных дверей; ВТ, ВО — вентили торможения и отпуска электровоздухораспределителя; КП — вентиль песочницы

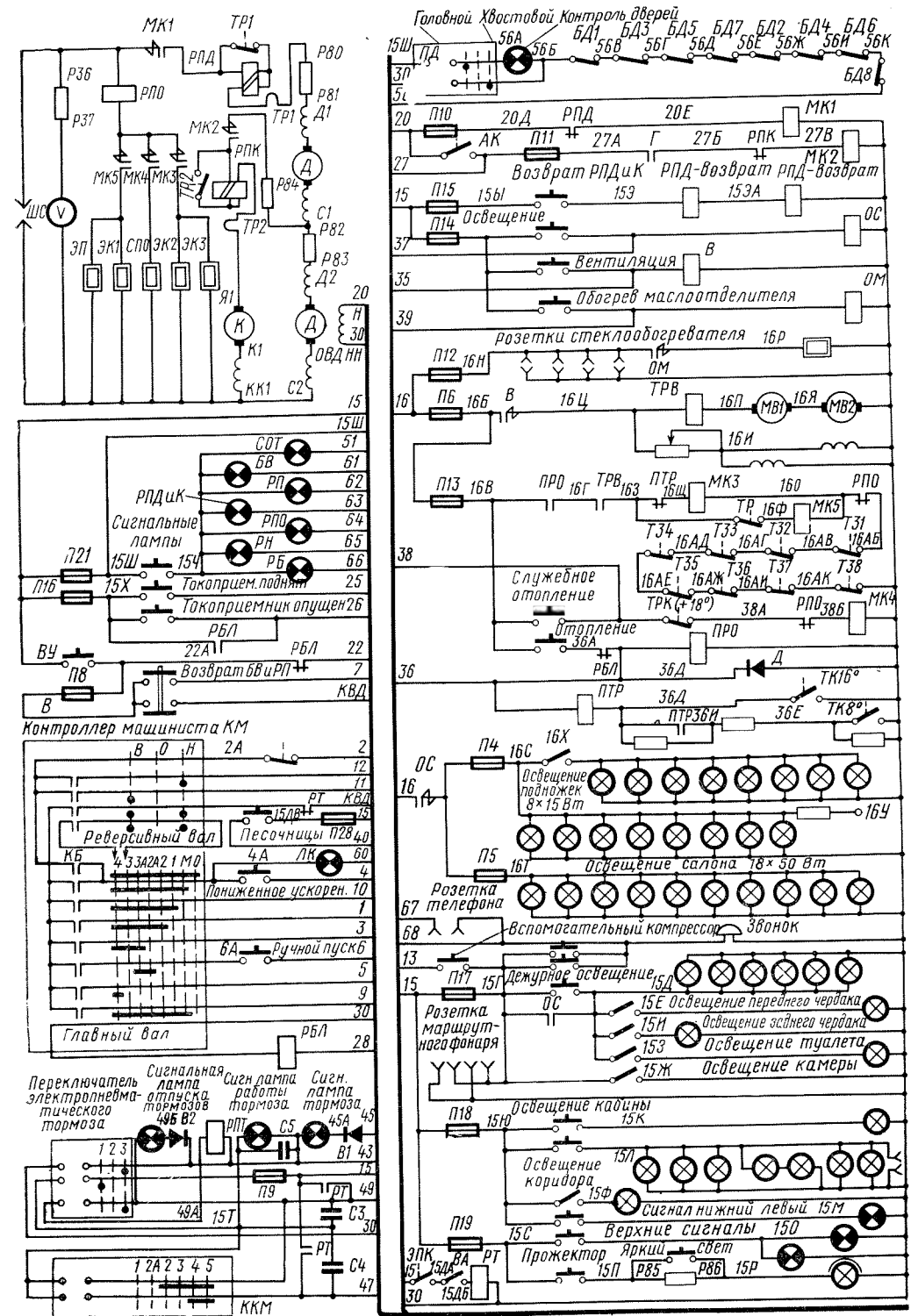


Рис. XIII-104. Схемы цепей управления головного вагона электропоезда ЭР2:

ВУ — выключатель тока управления; РТ — реле тормоза; РБЛ — реле блокировки лестницы; ЭПК — электропневматический клапан автостопа; КБ — устройство безопасности контроллера машиниста; ШС — штепсель высоковольтный; МК1 — контактор делителя напряжения; МК2 — контактор двигателя компрессора; МК3, МК5 — контакторы отопления вагона; МК4 — контактор служебного отопления; В — вольтметр; СПО — служебное отопление; РПД — реле перегрузки делителя напряжения; РПК — реле перегрузки двигателя компрессора; ТР1, ТР2 — тепловые реле вспомогательных машин; Д — делитель напряжения; К — двигатель компрессора; ОВД (Н — НН) — обмотка независимого возбуждения делителя напряжения; РПТ — реле пневматического тормоза; ТРК(+18°) — терморегулятор кабины машиниста; ВА — выключатель; ПД — переключатель дверей; ОМ — обогреватель маслоотделителя

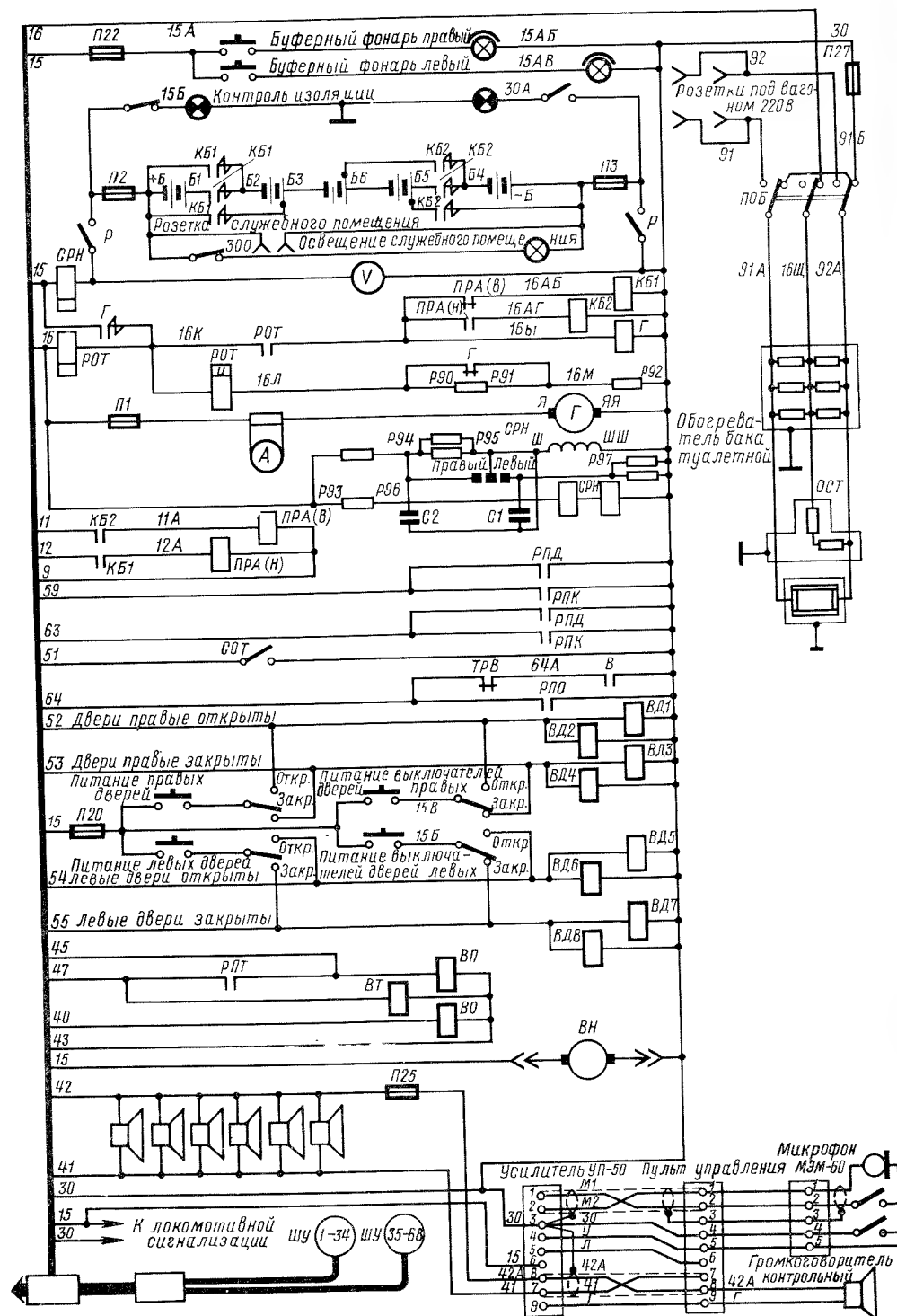


Рис. XIII-105. Схема питания цепей управления аккумуляторной батареей, приборов электропневматического тормоза, системы радиооповещения, управления дверями и обогрева туалетной головы вагона электропоезда ЭР2.

— Б, — Б — аккумуляторная батарея; Г (Я—ЯЯ) — обмотка якоря генератора; Ш—ШШ — обмотка возбуждения генератора; Г — контактор генератора; РПТ — реле обратного тока; СРН — регулятор напряжения; Р — рубильник батареи; ПРА (в), ПРА (н) — промежуточные реле батареи; КБ1, КБ2 — контакторы батареи; ВП — вентиль перекрытия; ВП — вентилятор кабины машиниста; ПОБ — переключатель обогрева бака туалетной; ОСТ — обогреватель сливной трубы

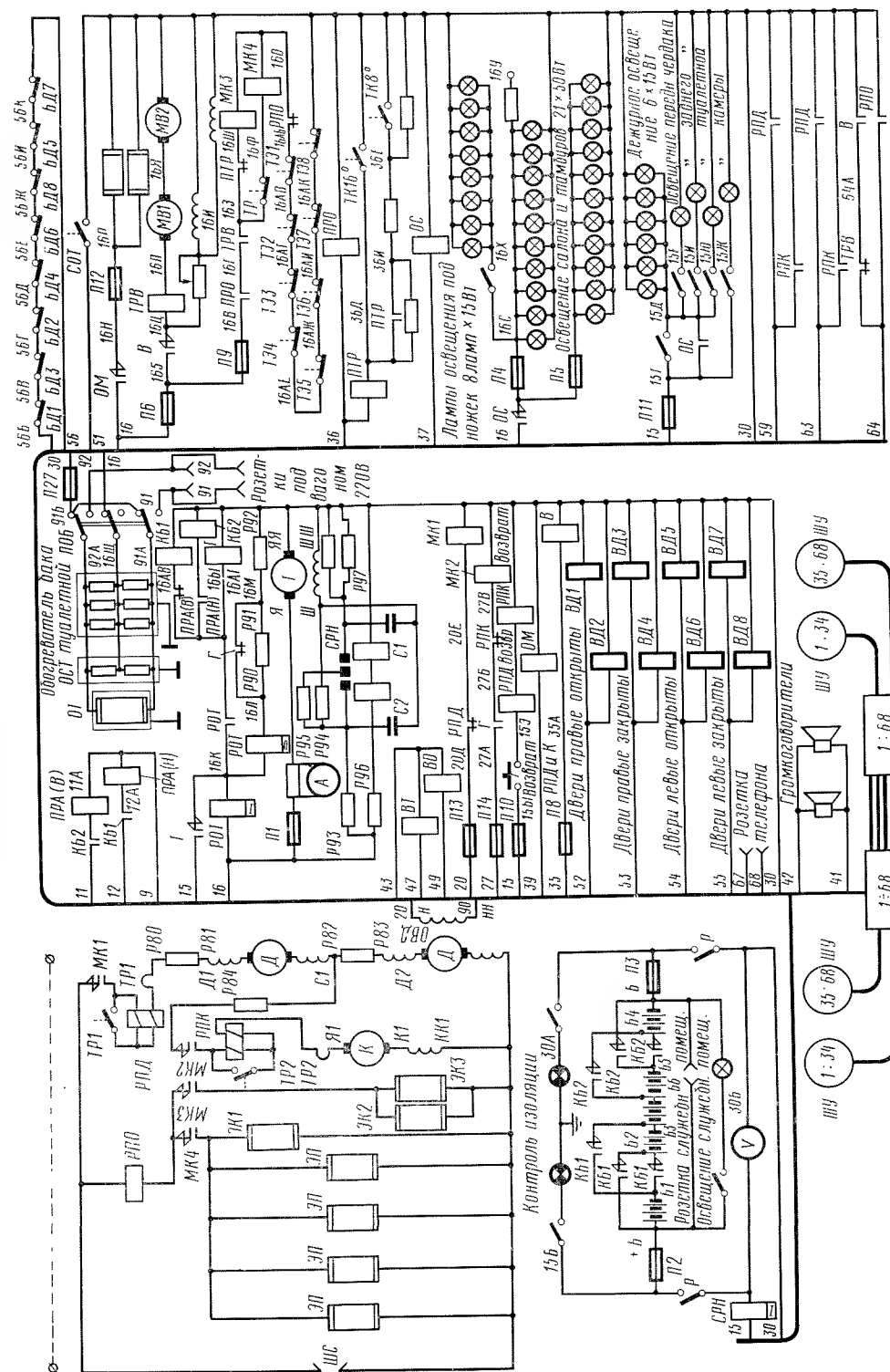


Рис. XIII-106. Схема цепей управления, вспомогательной высоковольтной и низковольтной цепей прицепного вагона электропоезда ЭР2

Д и К служат для уменьшения тока при их пуске и ограничения величины тока при коротких замыканиях. Машины защищены от перегрузок тепловыми реле $ТР1$ и $ТР2$.

Вспомогательные низковольтные цепи. На валу делителя напряжения установлен генератор тока управления $Г$ (см. рис. XIII-104 и XIII-105), питающий напряжением 50 В цепи вагонов и служащий также для зарядки аккумуляторной батареи. Напряжение на зажимах генератора поддерживается в установленных пределах вибрационным регулятором напряжения $СРН$. Реле обратного тока $РОТ$ предотвращает разряд аккумуляторной батареи на неработающий генератор.

Непосредственно к работающему генератору (к проводу 16) подключены цепи главного освещения вагонов, двигателя вентиляторов $МВ1$ и $МВ2$, обогреватели маслоотделителей $ОМ$, обогреватели бака и сливной трубы $ОСТ$ туалетной. Остальные цепи 50 В могут получать питание по проводу 15 как от генератора, так и от аккумуляторной батареи (при недействующем генераторе).

Включение и выключение двигателей главных компрессоров $К$ на всех головных и прицепных вагонах электропоезда производится подачей и снятием напряжения с поездного провода 27 регулятором давления $АК$ на головном или хвостовом вагоне поезда.

Цепи управления вентиляцией и отоплением на всех вагонах аналогичны и отличаются только обозначением проводов. Включение этих устройств производится нажатием соответствующих кнопок. Последовательно с двигателями вентиляторов $МВ1$ и $МВ2$ (см. XIII-103, XIII-104, XIII-106) включено токовое реле $ТРВ$. При прекращении питания двигателей это реле разрывает цепь питания катушек контакторов калибров, предотвращая недопустимый перегрев нагревательных элементов. От перегрева калибры также защищены термоконтактами $ТЗ1$ — $ТЗ8$ с легкоплавким сплавом, установленными в чердачных помещениях вагонов.

На головном вагоне имеется специальная группа электропечей отопления кабины машиниста, включаемая кнопкой *Служебное отопление*.

Наружные раздвижные двери управляются нажатием кнопок в кабине машиниста или служебном тамбуре головного вагона, подающих питание на катушки вентиляторов $ВД1$ — $ВД8$ дверных цилиндров. Поезда оборудуются также схемой контроля положения дверей с установкой на створках конечных выключателей (блокировок) $БД1$ — $БД8$.

XIII-15. РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЗОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

Электрическая передача тепловозов выполнена на постоянном и на переменном постоянном токе. Тепловозы с электриче-

ской передачей имеют автоматизацию энергетической цепи и отдельных вспомогательных устройств (холодильных, вентиляционных и др.). Автоматическое регулирование энергетической цепи тепловоза должно обеспечить отработку задаваемой мощности дизеля машинистом, т. е. система регулирования дизель-генератора должна обеспечить работу дизеля с наибольшей экономичностью и полное использование заданной мощности. Кроме этого, система регулирования генератора должна предусматривать устройства, обеспечивающие ограничение максимального напряжения и тока генератора.

Основная задача регулирования работы энергетической цепи — поддержание постоянной мощности дизеля:

$$P_{\Gamma} = U_{\Gamma} I_{\Gamma} = \text{const.}$$

Ток нагрузки генератора зависит от режима работы тяговых электродвигателей и изменяется в соответствии с режимом движения поезда. Следовательно, задание регулирования для генератора заключается в изменении напряжения обратно пропорционально току.

Для полного использования мощности дизеля в возможно большем диапазоне токов генератора желательно, чтобы гиперболеская часть характеристики была как можно шире. Расширение границ от $I_{\Gamma \text{ min}}$ до $I_{\Gamma \text{ max}}$ сопряжено с увеличением размеров и массы генератора или с использованием более дорогих материалов, а также с конструктивными усложнениями. Величина $I_{\Gamma \text{ max}}$ зависит от условий сцепления тепловоза. Генераторы имеют наилучшие показатели по габаритам, массе, стоимости и надежности при $C_{\Gamma} = I_{\Gamma \text{ max}} / I_{\Gamma \text{ min}} = 1,8 \div 2,0$.

Максимальное напряжение для генераторов мощностью $P_{\Gamma} > 1000$ кВт следует принимать $U_{\Gamma \text{ max}} = 700 \div 800$ В (меньшие значения относятся к генераторам большей мощности). Номинальное напряжение генератора $U_{\Gamma \text{ н}}$ также находится в определенном соотношении с максимальным. Кратность изменения напряжения, называемая коэффициентом регулирования генератора, $C_{\Gamma} = U_{\Gamma \text{ max}} / U_{\Gamma \text{ н}} = 1,4 \div 1,6$. Значение C_{Γ} меньше кратности изменения силы тяги и скорости движения тепловоза, поэтому в системах регулирования электрической передачи применяются также регулирование режима работы тяговых двигателей.

На тепловозах используют системы **несвязанного и связанного регулирования** дизель-генераторных установок. В первых системах регуляторы дизеля и генератора не связаны друг с другом и взаимодействуют только через общий объект регулирования. В системах связанного регулирования регуляторы дизеля и генератора имеют друг с другом непосредственную связь, осуществляющую взаимодействие их вне объекта регулирования. В схемах возбуждения генератора несвязанного регулирования дизель-генератора, применяемых на тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭ3,

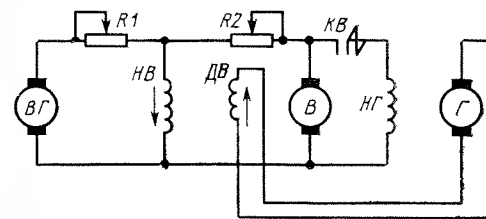


Рис. XIII-107. Схема возбуждения генераторов тепловозов ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1 и ТЭМ2:

$Г$ — главный генератор; $В$ — во-збудитель; $ВГ$ — вспомогательный генератор; $КВ$ — контактор во-збуждения генератора; $НГ$ — обмотка независимого возбуждения генератора; $НВ$ — обмотка независимого возбуждения возбудителя; $ДВ$ — дифференциальная обмотка возбуждения возбудителя; $R1, R2$ — регулируемые резисторы

нет узла автоматического регулирования мощности (рис. XIII-107). В этой системе регулируемые величины являются частота вращения вала дизеля и электромагнитный момент генератора.

Поддержание заданной частоты вращения вала дизеля обеспечивается замкнутой статической системой регулирования дизеля, реагирующей на отклонение скорости. Система регулирования генератора поддерживает постоянство момента генератора и работает по принципу компенсации возмущения. Для обеспечения необходимого качества регулирования требуется точная реализация заданной функциональной зависимости между током главного генератора и воздействием регулятора на регулируемый орган (поток генератора). Ряд возмущений, не измеряемых данным регулятором, вызывают изменения регулируемой величины, которые нельзя компенсировать (изменение температуры обмотки возбуждения генератора, петли гистерезиса возбудителя и генератора и др.).

Основным недостатком несвязанных систем регулирования является необходимость точной взаимной настройки регуляторов дизеля и генератора. Указанных недостатков нет в системе регулирования с узлом сравнения. При наличии узла сравнения система позволяет уменьшить отклонение регулируемой величины независимо от того, какими причинами оно вызвано.

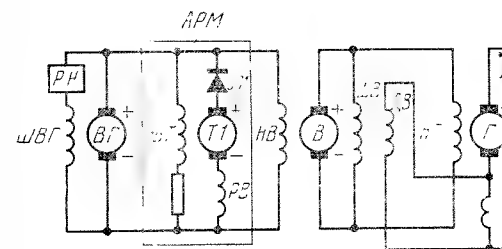


Рис. XIII-108. Схема регулирования генератора с узлом АРМ тепловозов ТЭ3 и ТЭ7:

$Г$ — генератор; $НГ$ — обмотка возбуждения генератора; $В$ — возбудитель; $ДВ, ШВ, НВ, РВ$ — обмотки возбуждения возбудителя; $Т1$ — тахогенератор; $ВГ$ — вспомогательный генератор; $ШВГ$ — параллельная обмотка возбуждения $ВГ$; $РН$ — регулятор напряжения; $НВТ$ — обмотка возбуждения тахогенератора; $ВШ1$ — селеновый выпрямитель

К связанным системам регулирования относится узел автоматического регулирования мощности АРМ (рис. XIII-108), применяемый на тепловозах ТЭ3 и ТЭ7. Эти системы просты и могут обеспечивать значительный запас устойчивости. Недостатком их является работа только при номинальной частоте вращения.

Указанных недостатков нет в связанных системах регулирования, применяемых на тепловозах типов ТЭ10 и ТЭП60 (рис. XIII-109). Требуемая внешняя характеристика главного генератора создается с помощью магнитного усилителя $МУ$ и селективного узла $СУ$. В этих системах производится астатическое регулирование как частоты вращения вала дизеля, так и подачи топлива.

Регулятор частоты и регулятор момента кинематически связаны общим элементом — коромыслом регулятора и объединены в единую конструкцию, которая носит название объединенного регулятора мощности.

При пониженной мощности рассматриваемые системы также поддерживают заданный режим работы дизеля и обеспечивают его работу с наибольшей экономичностью. Подобная система регулирования применена на тепловозах ТЭ109, V-300 и 2ТЭ116 (рис. XIII-110).

Для использования мощности дизеля в возможно большем диапазоне скоростей на тепловозах осуществляется и регулирование частоты вращения якорей тяговых двигателей изменением питающего напряжения и величины потока, для чего применяют различные группировки электродвигателей и ослабление их поля.

Решающим фактором при выборе схемы соединений двигателей является установление оптимального напряжения и тока главного генератора и электродвигателей.

Тепловозы ТЭ1 и ТЭМ1 мощностью 1000 л. с. и ТЭ2 — 2×1000 л. с. имеют схему силовой цепи, предусматривающую последовательное и последовательно-параллельное соединение двигателей и одну ступень ослабления поля. Более мощные тепловозы ТЭ3, ТЭМ2 имеют последовательно-параллельное соединение и две ступени ослабления поля. На тепловозах типов ТЭ10, ТЭП60 и 2ТЭ116 с дизелем мощностью $P_{\text{д}} > 2000$ л. с. используется параллельное соединение электродвигателей и две ступени ослабления поля.

XIII-16. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ТЕПЛОВАЗА 2ТЭ10Л

Разгон тепловоза и движение с малыми скоростями происходят на полном поле и параллельном соединении тяговых двигателей (рис. XIII-111)*. С увеличением скорости до 38—40 км/ч срабатывает реле перехода $РП1$ и замыкает цепь питания катушки группового контактора ослабления поля первой ступени $ВШ1$. Силовые контакты контакторов $ВШ1$ подключают

* Схема дана для одной секции.

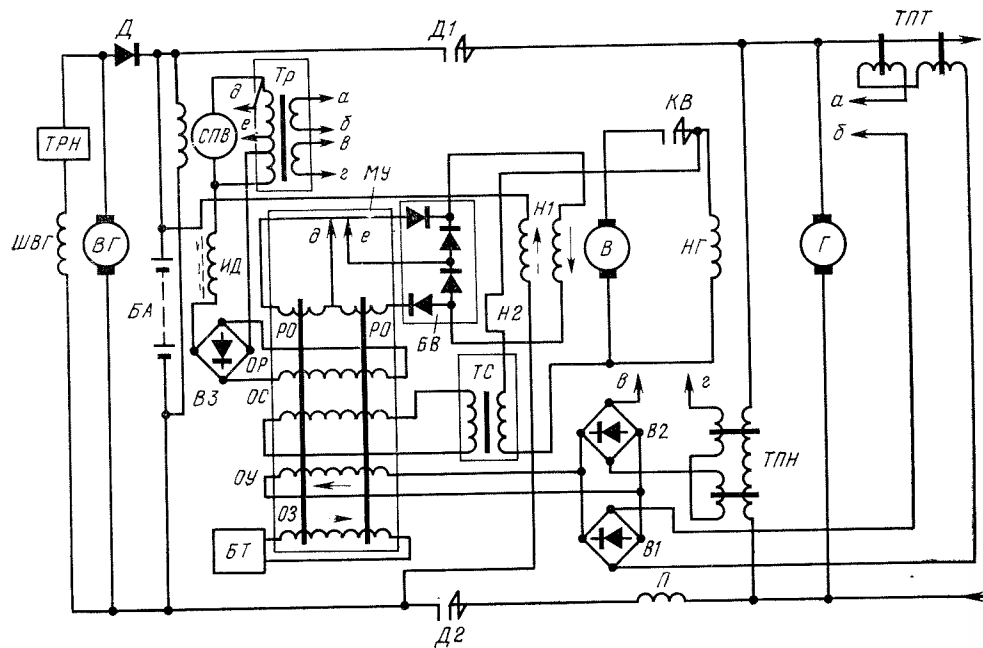


Рис. XIII-109. Схема возбуждения генератора тепловоза 2ТЭ10Л:

БА — аккумуляторная батарея; СПВ — синхронный подвозбудитель; БТ — блок задания (связь по частоте вращения вала дизеля); МУ — магнитный усилитель (амплистат); РО — рабочие обмотки; ОР — регулировочная обмотка (связь по мощности с объединенным регулятором мощности); ОЗ — задающая обмотка; ОУ — обмотка управления (связь по току и напряжению); ОС — стабилизирующая обмотка; ТС — стабилизирующий трансформатор; БВ — блок выпрямителей; ТПН — трансформатор постоянного напряжения; ТПТ — трансформатор постоянного тока; В1, В2, В3 — выпрямительные мосты; В — возбудитель; Г — главный генератор; Н1 — обмотка независимого возбуждения; Н2 — размагничивающая обмотка; НГ — обмотка независимого возбуждения главного генератора; П — пусковая обмотка генератора; Д — диод заряда батареи; Тр — распределительный трансформатор

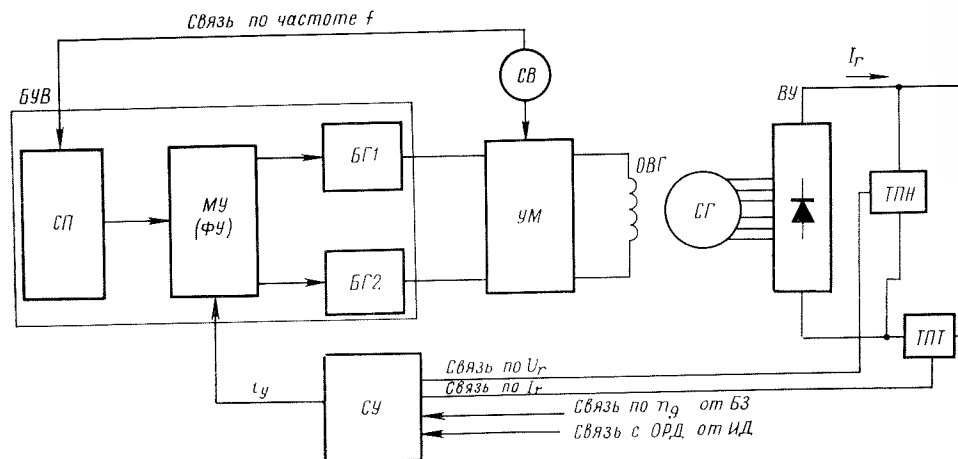


Рис. XIII-110. Структурная схема возбуждения синхронного генератора:

СГ — синхронный генератор; СВ — синхронный возбудитель; ВУ — выпрямительная установка; ОВГ — обмотка возбуждения СГ; БУВ — блок управления возбуждением; СП — статический преобразователь; МУ — магнитный усилитель (ФУ — фазосдвигающее устройство); БГ1, БГ2 — блокинг-генераторы; УМ — полупроводимый выпрямительный мост; СУ — селективный узел; ТПТ и ТПН — трансформаторы постоянного тока и напряжения; ОРД — объединенный регулятор дизеля; ω — частота вращения вала дизеля; f — частота вращения вала синхронного генератора; I_γ и U_γ — ток и напряжение синхронного генератора

резисторы СШ1 — СШ6, шунтирующие обмотки возбуждения двигателей.

При повышении скорости движения до 55—60 км/ч срабатывает реле перехода ослабления поля второй ступени РП2 и замыкает цепь питания катушки контактора ВШ2.

Цепь пуска дизеля. Перед пуском дизеля включается разъединитель аккумуляторной батареи ВБ, автоматический выключатель 46 Топливный насос, автоматический выключатель Управление дизелем, замковый ключ КЗ, а переключатель режимов ПКР ставится в требуемое положение (рис. XIII-112). Рукоятка контроллера машиниста КМ стоит на нулевой позиции. Указанные включения создают цепь питания катушки реле управления РУ3 через контакты ПКР, КЗ, автоматический выключатель Топливный насос и размыкающий контакт реле РУ7.

При срабатывании РУ3 собираются цепи питания двигателя топливного насоса ТН, катушек электропневматических вентилей ВП6 и ВП9 и обмотки возбуждения Ш-ШШ вспомогательного генератора ВГ. Вентиль ВП6 отключает левый ряд топливных насосов при работе дизеля на холостом ходу, а ВП9 обеспечивает дополнительное отключение еще пяти топливных насосов на нулевой и 1-й позициях контроллера.

После создания давления 2 кгс/см² в топливной системе включается автомат Управление и нажимается кнопка Пуск дизеля, при этом создается цепь питания катушки реле РУ6 через контакт КМ, размыкающие контакты РУ16 и РУ9 и замыкающие контакты РУ3.

Замыкающие контакты РУ6 создают цепь питания катушек реле времени РВ1 и управления РУ6, что обеспечивает автоматический пуск дизеля. Замыкающие контакты РВ1 обеспечат питание катушек контакторов КМН, Д1 и РВ2. Контакт КМН подключит двигатель маслопрокачивающего насоса МН к аккумуляторной батарее, а пусковой контактор Д1 подсоединит к ней пусковую обмотку главного генератора. Затем включаются контакторы Д2 и Д3, подсоединяющие батареи обеих секций параллельно на время пуска.

Питание катушки тягового электромагнита ЭТ обеспечивается замыкающим контактом Д1, а вентили ускорителя пуска ВП7 — контактом контактора Д2.

При достижении в верхнем коллекторе дизеля давления масла 0,6 кгс/см² срабатывает реле давления масла РДМ1, и пуск дизеля заканчивается. Чтобы ограничить продолжительность пуска дизеля, применено реле времени РВ2, которое отрегулировано на 30 с. Если пуск дизеля в указанное время не произойдет, то замыкающий контакт РВ2 создает цепь питания катушки РУ9 и схема автоматического пуска ка разберется. Блокировочные контакты ВШ1, ВШ2 и реле РУ18 в цепи пуска исключают возможность проворота вала дизеля и работы песочниц на неработающей секции, если на работающей проверяют работу контакторов ослабления поля.

Приведение тепловоза в движение осуществляется переводом реверсивной рукоятки в одно из рабочих положений — Вперед или Назад, включением автоматического выключателя Управление тепловозом и перестановкой рукоятки контроллера в положение 1. При этом получают питание катушки реверсора, реле РУ4, РВ3, чем обеспечивается питание катушек силовых контакторов П1 — П6, контакторов возбуждения КВ и возбудителя ВВ через соответствующие блокировочные контакты. В цепь катушки контактора КВ включены размыкающие контакты Д2 и Д1, блокировки дверей БД1 — БД4, размыкающие контакты реле заземления РЗ и РУ8, замыкающие контакты реле давления воздуха РД и контакторов П1 — П6, контакты реле РУ4 (а после 11-й позиции контакты РДМ2), контакты температурных реле воды и масла ТРВ и ТРМ.

Схема предусматривает отключение электродвигателей при их повреждении выключателями ОМ и сигнализатор обрыва тормозной магистрали поезда. Контакт КВ включается и замыкает силовыми контактами цепь возбуждения главного генератора.

Замыкающий контакт его в цепь собственной катушки подключается параллельно размыкающему контакту РУ8. Это обеспечивает включение контактора КВ только на 1-й позиции контроллера. Размыкающий контакт контактора ВВ отключает вентиль ВП6, вводя в работу левый ряд топливных насосов.

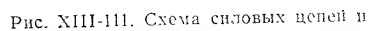
Замыкание силовых контактов ВВ (через аварийный переключатель АР) обеспечивает питание размагничивающей обмотки Н2 — НН2 возбудителя В и обмотки возбуждения синхронного подвозбудителя СПВ (см. рис. XIII-111 и XIII-112).

От СПВ получает питание распределительный трансформатор Тр, а от него — трансформаторы постоянного тока ТПТ, постоянного напряжения ТПН, а также МУ (амплистат возбуждения). От амплистата через выпрямительный блок БВ получит питание намагничивающая обмотка Н1 — НН1 возбудителя В.

Увеличение мощности дизеля достигается постепенным переводом рукоятки контроллера до 15-й позиции.

Рассматриваемая схема включает в себя комплексное противобоксовочное устройство с использованием жестких динамических характеристик и систему экономического регулирования мощности. Узел выделения максимального тока состоит из четырех последовательно соединенных выпрямительных мостов В1, В2, В3 и В6, на которые включены обмотки переменного тока трансформаторов ТПТ1 — ТПТ4. К каждому из трансформаторов ТПТ1 — ТПТ4 подключены два тяговых двигателя, одинаково склонных к боксованию.

Со стороны постоянного тока мосты В1, В2, В3 и В6 включаются на балластный резистор СБТТ, который вместе с диодом В5 выполняет роль селективного узла



целей возбуждения тепловоза 2ТЭ10Л:

хронный подвозбудитель ВС-652; МУ (АВ) — магнитный усилитель (амплистат возбуждения АВ-3А) БТ — блок задания тахометрический БА-420; ИД — индуктивный датчик ИД-10; Тр — распределитель тока ТПТ-10; ТПН — трансформатор напряжения ТПН-3А; АР — переключатель аварийного режима; пях возбуждения возбуждателя и генератора; СОЗ, R_d , СБТТ, СБТН, СОУ, СОР — резисторы в цепях амплистата

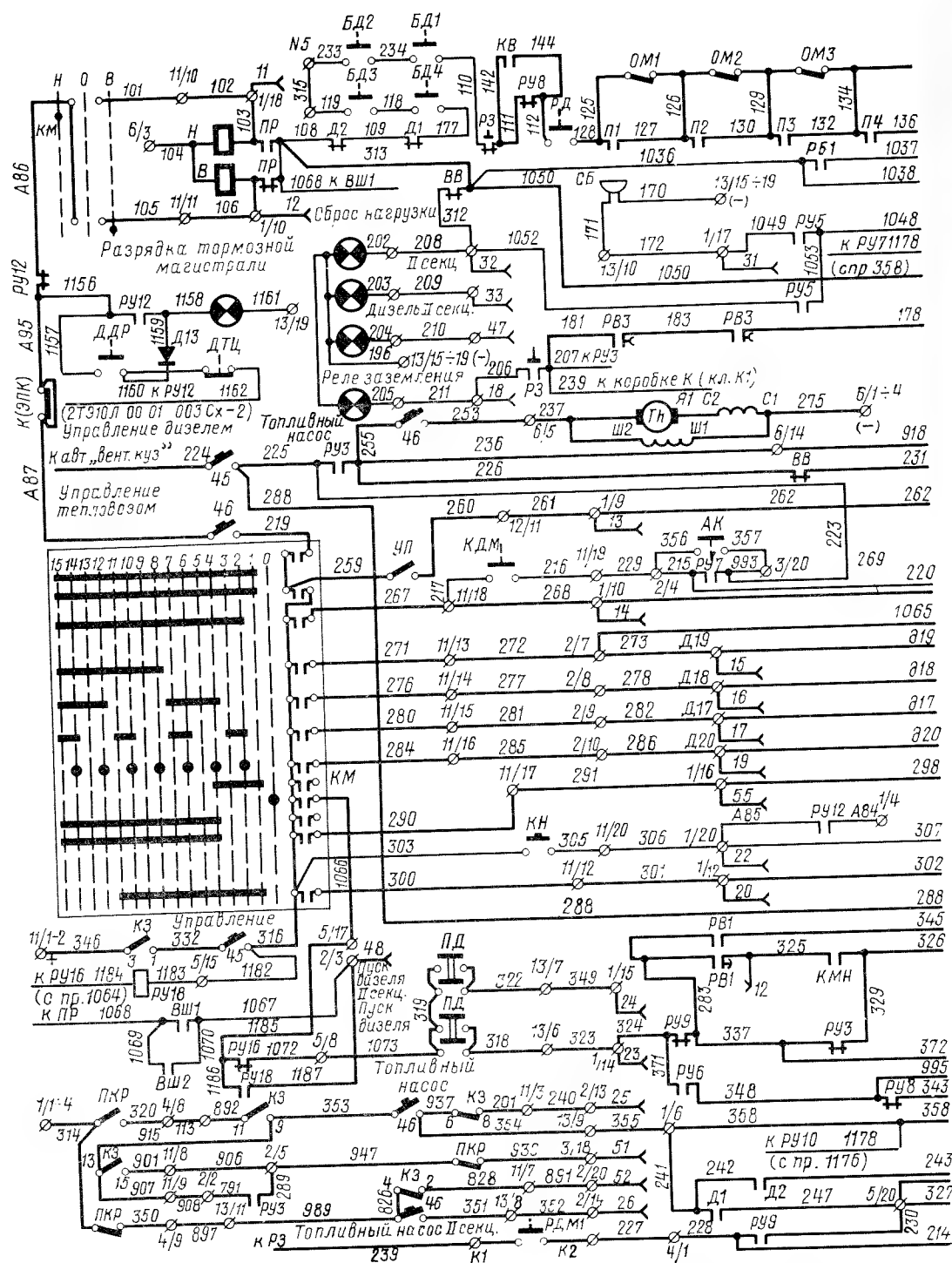
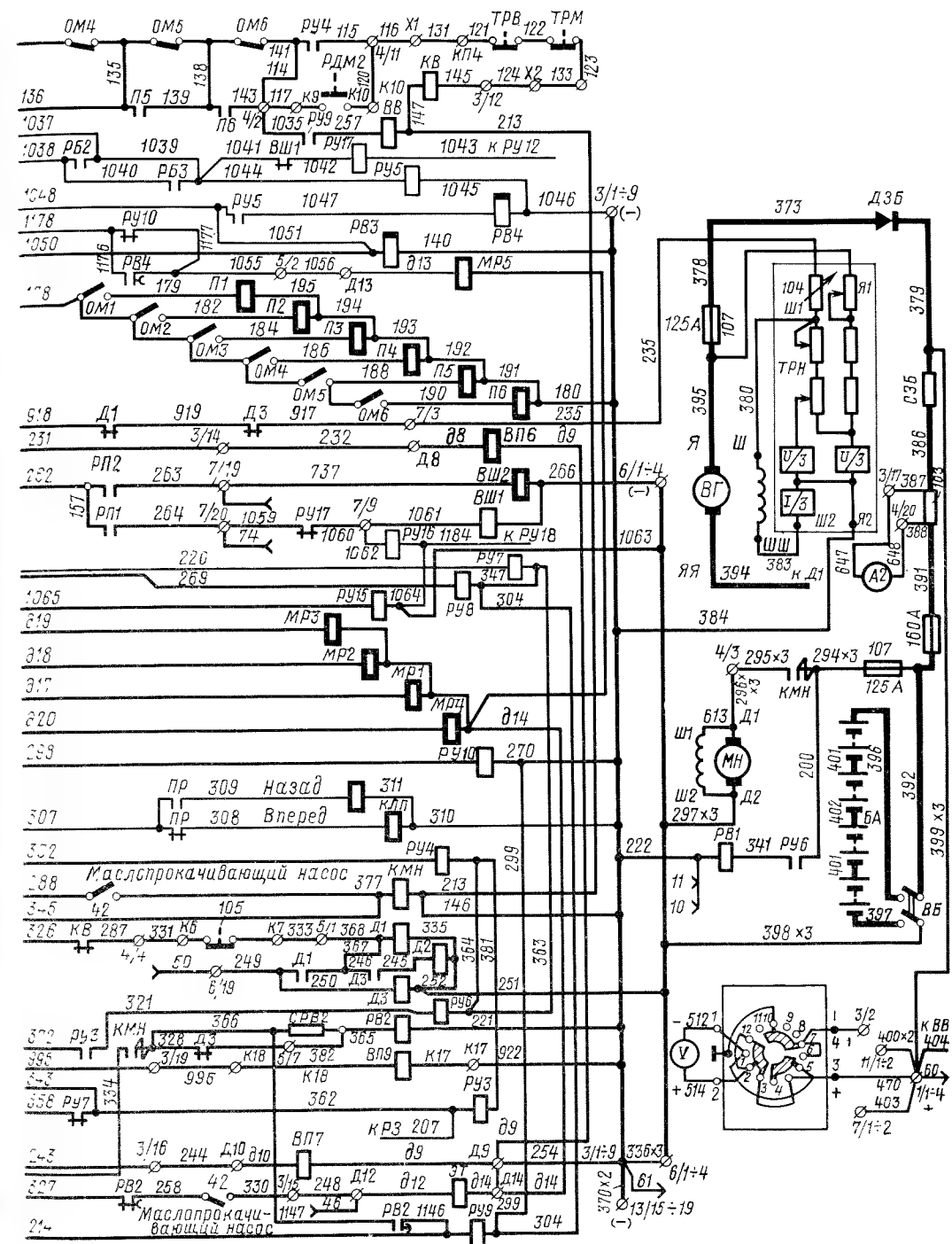


Рис. XIII-112. Схема цепей

ВГ - вспомогательный генератор ВГТ 275/120; ТН - двигатель топливного насоса ПН1; МН - двига-
 РДМ2 - реле давления масла; СБ - звуковой сигнал бокования; МР1-МР5 - электромагнит
 тарая аккумуляторная; КН - ножная педаль песочницы; АП - выключатель реле перехода; АК -
 переключатель режимов; БД1 - БД4 - концевые выключатели дверей выключательной камеры;
 45, 46 - автоматические выключатели на 20 и 15А; ДЗБ - зарядный диод; КЛП - клапаны песоч-
 ники; КМН - контактор маслопрокачивающего насоса; КМ - контроллер машиниста; ТРН - ре-
 рия топливных насосов, ускорителя пуска дизеля, отключения 15 топливных насосов; ПД - кнопка
 ПК-753Б; Д1-Д3 - контакторы пусковые электромагнитные КРВ-604; ВШ1, ВШ2 - контакторы ос-
 КВ, ВВ - контакторы возбуждения генератора и возбуждения электромагнитные; РП1, РП2 - реле
 ВВ - выключатель батарей; П, В - катушки вентилей реверсора



управления тепловоза 2ТЭ10.1:

тель маслопрокачивающего насоса ПН1; ТРН - термореле масла; ТРВ - термореле воды; РДМ1,
 тяговый; РДМ1 - РДМ18 - реле управления; ОМ1 - ОМ6 - отключатель тяговых двигателей; БА - ба-
 аварийная кнопка; КДМ - контакт дифференциального манометра; КЗ - ключ замковый; ПКР -
 5Т - блокировочный магнит; 105 - концевой выключатель валоповоротного механизма дизеля;
 щипцы; КМН - контактор маслопрокачивающего насоса; КМ - контроллер машиниста; ТРН - ре-
 рия топливных насосов, ускорителя пуска дизеля, отключения 15 топливных насосов; ПД - кнопка
 ПК-753Б; Д1-Д3 - контакторы пусковые электромагнитные КРВ-604; ВШ1, ВШ2 - контакторы ос-
 КВ, ВВ - контакторы возбуждения генератора и возбуждения электромагнитные; РП1, РП2 - реле
 ВВ - выключатель батарей; П, В - катушки вентилей реверсора

СУ по току. Со стороны сигнала по напряжению СУ содержит мост В4, резистор СБТН, диод В7 и контакт реле РУ15.

Селективный узел реагирует на увеличение или уменьшение тока на данной позиции во всех ТПТ. Если происходит боксование одной или нескольких колесных пар, то ток в управляющей обмотке МУ уменьшаться не будет, так как ток других ТПТ остается прежним, следовательно, генератор будет работать по жесткой динамической характеристике.

Реле боксования включены между минусовыми зажимами обмоток якорей пар тяговых двигателей 1—3, 2—5, 4—6 (включая обмотки добавочных полюсов). При движении на полном поле в цепь катушек РБ включены добавочные резисторы СРБ1 — СРБ3, которые шунтируются контактами РУ16 при ослаблении поля. Указанное включение реле боксования обеспечивает обнаружение боксования при ослабленном поле и ликвидацию значительной части пробоксовок без вмешательства машиниста.

При значительных пробоксовках реле боксования срабатывает, вследствие чего происходит частичное снижение напряжения главного генератора. Замыкающие контакты РБ включают катушки реле РУ17 и РУ5, а цепь катушки контактора ВВ не разрывают (как это было в схемах ранее выпущенных тепловозов). Размыкающие контакты РУ17 разрывают цепь питания катушки группового контактора ВШ1 и реле РУ16. Двигатели начинают работать в режиме полного поля.

Для предотвращения перехода на ослабленное поле при работе реле РБ катушка РУ17 включена через размыкающие контакты контактора ВШ1. Размыкающие контакты РУ5 включают резистор сброса нагрузки ССН в цепи задающей обмотки усилителя МУ, что снижает ее ток примерно на 70%.

Схемой также предусмотрено частичное уменьшение тока размагничивающей обмотки возбуждения во время боксования путем введения резистора контактами реле РУ5. Замыкающие контакты РВ4 шунтируют часть резистора в цепи обмотки управления ОУ и создают цепь питания тягового магнита МР5. Включение МР5 уменьшает ток в регулировочной обмотке амплистата, т. е. он выполняет роль приставки С53А у регуляторов числа оборотов и мощности дизелей 9Д100.

Ступенчатое восстановление напряжения генератора после отпадания якоря реле РБ и воздействие на объединенный

регулятор дизель-генератора способствуют уменьшению возникновения незатухающих колебаний в силовой цепи и предотвращают возобновление боксования. При езде на аварийном режиме оставшиеся электро-двигатели защищаются от боксования. С целью облегчения трогания и разгона поезда, а также уменьшения возможности боксования колесных пар контактами РУ15 шунтируется цепь балластного резистора СБТН с 1-й по 7-ю позиции контроллера.

Система экономического регулирования мощности обеспечивает работу дизель-генераторной установки в зоне минимальных удельных расходов топлива на промежуточных позициях контроллера. Это достигается подпиткой задающей обмотки МУ током от всемогательного генератора через резистор R_п (табл. XIII-16).

Цепи реле переходов. Токовые катушки реле РП1 и РП2 подключены параллельно обмотке дополнительных полюсов главного генератора и шунту 10А, а катушки напряжения — параллельно якорю главного генератора.

После срабатывания РП1 и РП2 и контакторов ВШ1 и ВШ2 последовательно с катушками напряжения РП1 и РП2 включаются части резисторов СРПН1 и СРПН2 с целью подготовки реле к отключению при снижении скорости движения тепловоза.

Для предотвращения повторных включений реле перехода контакты реле РУ4 шунтируют часть резисторов СРПН1 и СРПН2 с 1-й по 11-ю позицию контроллера.

Защиты дизеля. От понижения давления масла защита дизеля осуществляется реле давления масла РДМ2. Если давление масла в верхнем коллекторе масляной системы дизеля менее 1,1 кгс/см², на 12-й—15-й позициях контроллера размыкаются контакты реле РДМ2. Контактors КВ и ВВ отключаются, нагрузка с дизель-генератора снимается.

При температуре воды 92° С или масла 85° С контакты реле ТРВ и ТРМ разрывают цепь контактора КВ, защищая дизель от перегрева масла и воды. При снижении давления воздуха в тормозной магистрали ниже 3 кгс/см² срабатывает реле давления воздуха РД и снимается нагрузка с генератора, загорается также сигнальная лампа Сброс нагрузки.

Чтобы предупредить возникновение давления газов в картере дизеля, установлен дифференциальный манометр КДМ. При повышенном давлении в картере кон-

такты манометра замыкают цепь катушки реле РУ7. Размыкающий контакт РУ7 разрывает цепь катушки РУ3 и прерывает цепь питания топливного насоса ТН и тягового магнита ЭТ, дизель останавливается.

При аварийном возбуждении предусматривается питание возбуждителя В от ВГ. В этом случае переключатель АР ставится в аварийное положение, чем разрывается цепь питания первичной обмотки распределительного трансформатора Тр, т. е. обесточиваются цепи магнитного усилителя МУ и трансформаторов ТПТ и ТПН. Возбуждение главного генератора регулируется вручную.

Пробой изоляции или переброс на корпус в силовой цепи вызывает срабатывание реле заземления РЗ. При этом контакторы КВ и ВВ отключаются, нагрузка с главного генератора снимается, одновременно загорается сигнальная лампа.

Цепи управления холодильником. На тепловозе осуществляется автоматическое раздельное регулирование температуры охлаждающей дизель воды и масла. Для автоматического регулирования необходимо включить выключатель Жалюзи и Автоматическое управление (рис. XIII-113). Ключ КЗ должен быть замкнут. В этом случае подводится напряжение от генератора ВГ к конечным выключателям термодатчиков ВКВ и ВКМ.

При температуре воды 75° С контакты ВКВ замыкаются, чем обеспечивается питание вентилей ВП3 и ВП4 через диоды Д2 и Д3. ВП4 управляет верхними жалюзи, а ВП3 — жалюзи охлаждения воды и верхними. При повышении температуры масла до 75° С контактами ВКМ создается питание вентилей ВП4 и ВП5. Автоматическое регулирование температуры воды и масла происходит раздельно на каждой секции.

Если автоматическое регулирование несправно, то холодильником управляют вручную, включая соответствующие выключатели. В этом случае регулирование температуры происходит с ведущей секции по проводам 27—30, 34 межтепловозного соединения.

XIII-17. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ТЕПЛОВОЗА ТЭЗ

При пуске дизеля контакторы Д1 и Д2 (рис. XIII-114*) замкнуты и ток течет от аккумуляторной батареи БА через силовые контакты Д1, обмотку якоря, добавочные полюсы и пусковую обмотку П главного генератора Г к силовым контактам Д2.

При работе тепловоза под нагрузкой ток от главного генератора Г проходит по трем параллельным цепям тяговых двигателей. При переходе на ослабленное поле первой ступени включаются контакторы Ш1 — Ш3, а второй ступени — Ш4 — Ш6.

Пуск дизеля и работа его без нагрузки. При включении кнопки Топливный насос создается цепь питания катушки

реле управления РУ3 через контакты РУ7 и кнопку АК (рис. XIII-115). После включения РУ3 создается цепь питания двигателя ТН топливopодкачивающего насоса и катушек вентилей ВП6 и ВП9.

Возбужденные вентили ВП6 и ВП9 приводят в действие устройства, выключающие левый ряд топливных насосов и пять насосов правого ряда, что обеспечит работу дизеля на холостом ходу и 1-й позиции контроллера на пяти топливных насосах. Начиная со 2-й позиции дизель работает вхолостую на 10 насосах, так как вентиль ВП9 выключается размыкающим контактом РУ8. При работе дизеля под нагрузкой после включения контактора КВ подача топлива осуществляется всеми насосами.

При нажатии кнопки Пуск дизеля происходит предварительная прокачка масла насосом МН в течение 90 с. Время прокачки обеспечивается реле РВ1. По истечении 90 с включается РУ8 и прекращает питание катушки контактора КМН. Замыкающие контакты РУ8 обеспечивают питание катушек контакторов Д1 — Д3. Блокировочный магнит ЭТ получает питание через замыкающий контакт контактора Д1, а вентиль ускорителя пуска дизеля ВП7 — через замыкающий контакт контактора Д2. После окончания пуска дизеля реле РУ6 получает питание через размыкающие блокировочные контакты контакторов Д1 и Д3. Для того чтобы в период пуска дизеля ВГ не мог участвовать в питании Г, если его напряжение превысит напряжение БА, в цепь возбуждения ВГ введен размыкающий контакт РУ6 между проводами 104 и 1292, предотвращающий включение пусковых контактов во время работы дизеля при случайном нажатии кнопки Пуск дизеля.

После того, как произойдет пуск дизеля и в масляном трубопроводе создастся давление масла 0,6 — 0,7 кгс/см², кнопка Пуск дизеля может быть отпущена, так как цепь катушки ЭТ будет замкнута контактами реле масляного давления РДМ1.

Если давление масла упадет ниже 0,5 — 0,6 кгс/см², контакты реле РДМ1 разомкнутся и дизель остановится. Нормально дизель останавливается выключением кнопки Топливный насос.

Для проворота коленчатых валов дизеля без пуска дизеля кнопки Управление и Пуск дизеля должны быть включены, а кнопка Топливный насос отключена.

Тогда реле РУ3, двигатель ТН, электромагнит ЭТ, вентили ВП6, ВП7 и ВП9, реле РВ1 не включаются, а контакторы Д1 — Д3 через размыкающие контакты РУ3 получают питание.

Цепи возбуждения вспомогательного генератора и заряда аккумуляторной батареи в основном такие же, как на тепловозе 2ТЭ10Л.

Увеличение частоты вращения валов дизеля обеспечивается включением вентилей ВТ1 — ВТ4 в последовательности, приведенной в табл. XIII-17.

Приведение тепловоза в движение осуществляется переводом реверсивной рукоятки в одно из рабочих положений,

* Схема дана для одной секции.

Таблица XIII-16

Мощность (кВт) дизель-генератора на различных позициях контроллера

Режим работы	Позиции контроллера														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
С системой экономического регулирования	90	200	340	620	800	900	1010	1140	1280	1420	1540	1640	1700	1780	1830
Без такой системы	90	200	340	470	620	750	870	1020	1160	1290	1430	1490	1600	1735	1830

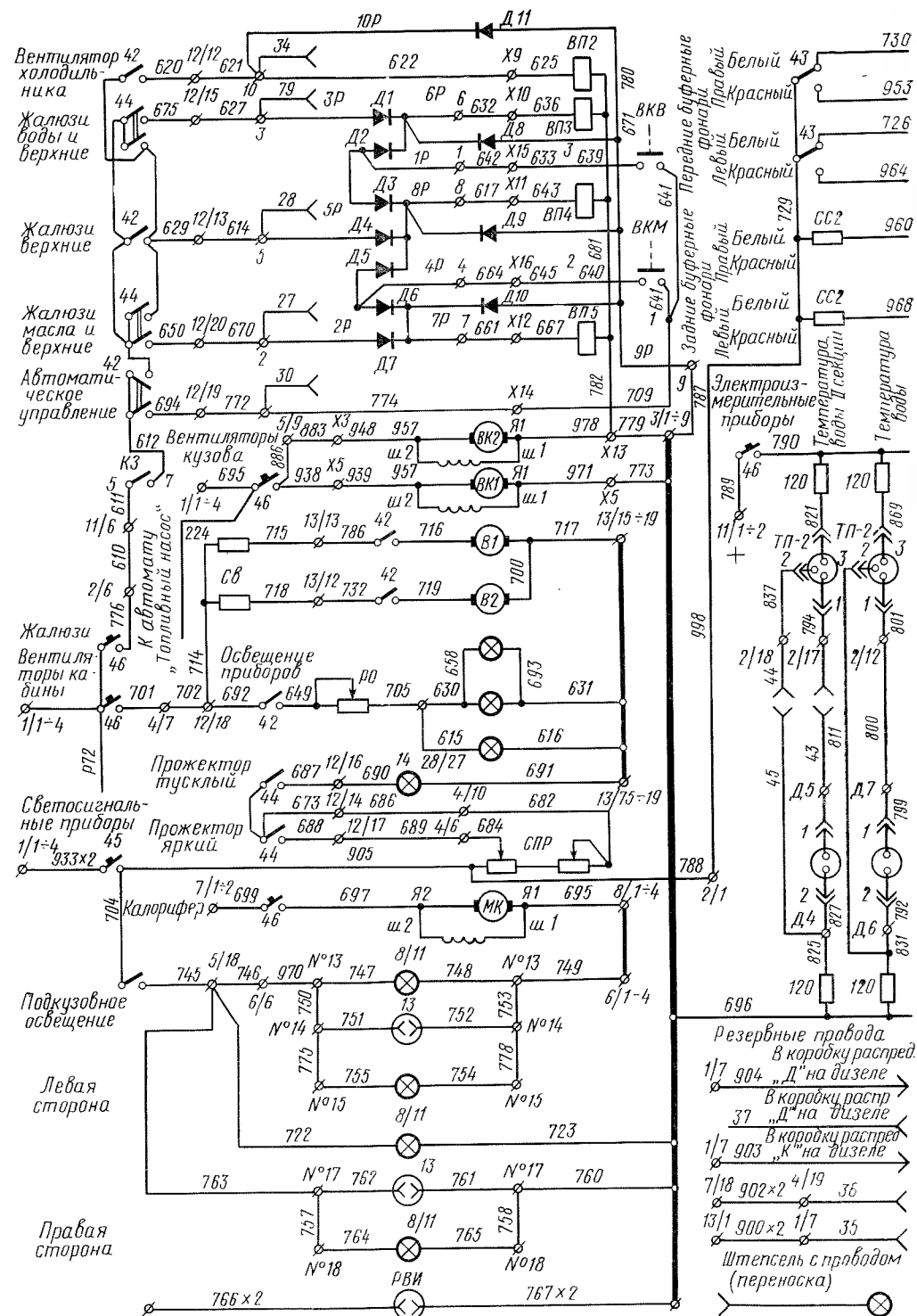
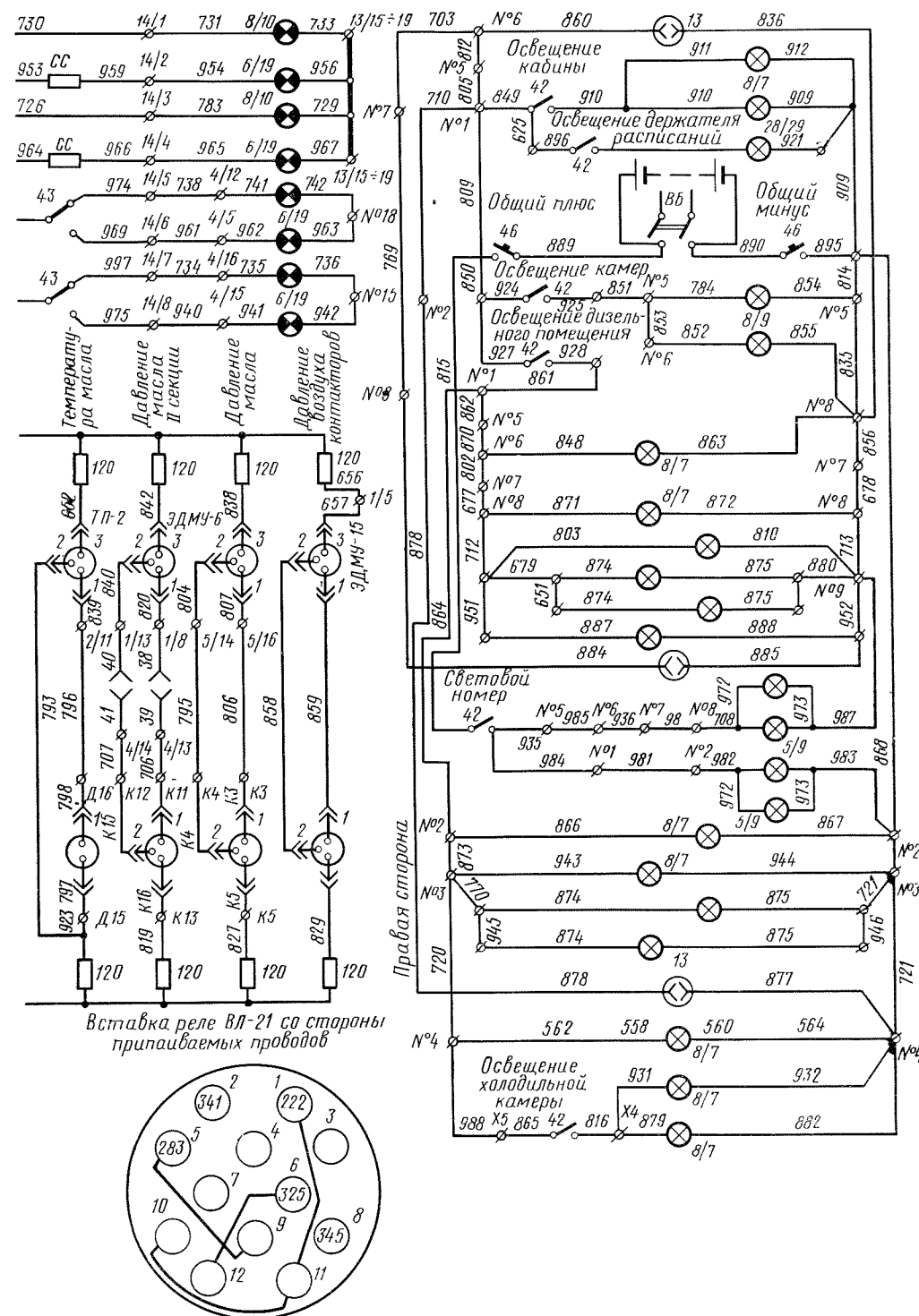


Рис. XIII-113. Схема цепей освещения и

РВН — розетка ввода тепловоза в депо и внешнего питания; ВК1, ВК2 — электродвигатели вентиляторов кузова; МК — электродвигатель калорифера; В1, В2 — электродвигатели автоматического регулирования холодильника; ТП2 — электротермометр; ЭДМУ — электромаметр; стат. освещения приборов; 120 — панель с резисторами; СПР — резистор в цепи прожекторов; СВ — резистор в цепи вентилятора кабины



цепей автоматического регулирования холодильника тепловоза 2ТЭ10Л:

вентиляторов кузова; МК — электродвигатель калорифера; В1, В2 — электродвигатели автоматического регулирования холодильника; ТП2 — электротермометр; ЭДМУ — электромаметр; стат. освещения приборов; 120 — панель с резисторами; СПР — резистор в цепи прожекторов; СВ — резистор в цепи вентилятора кабины

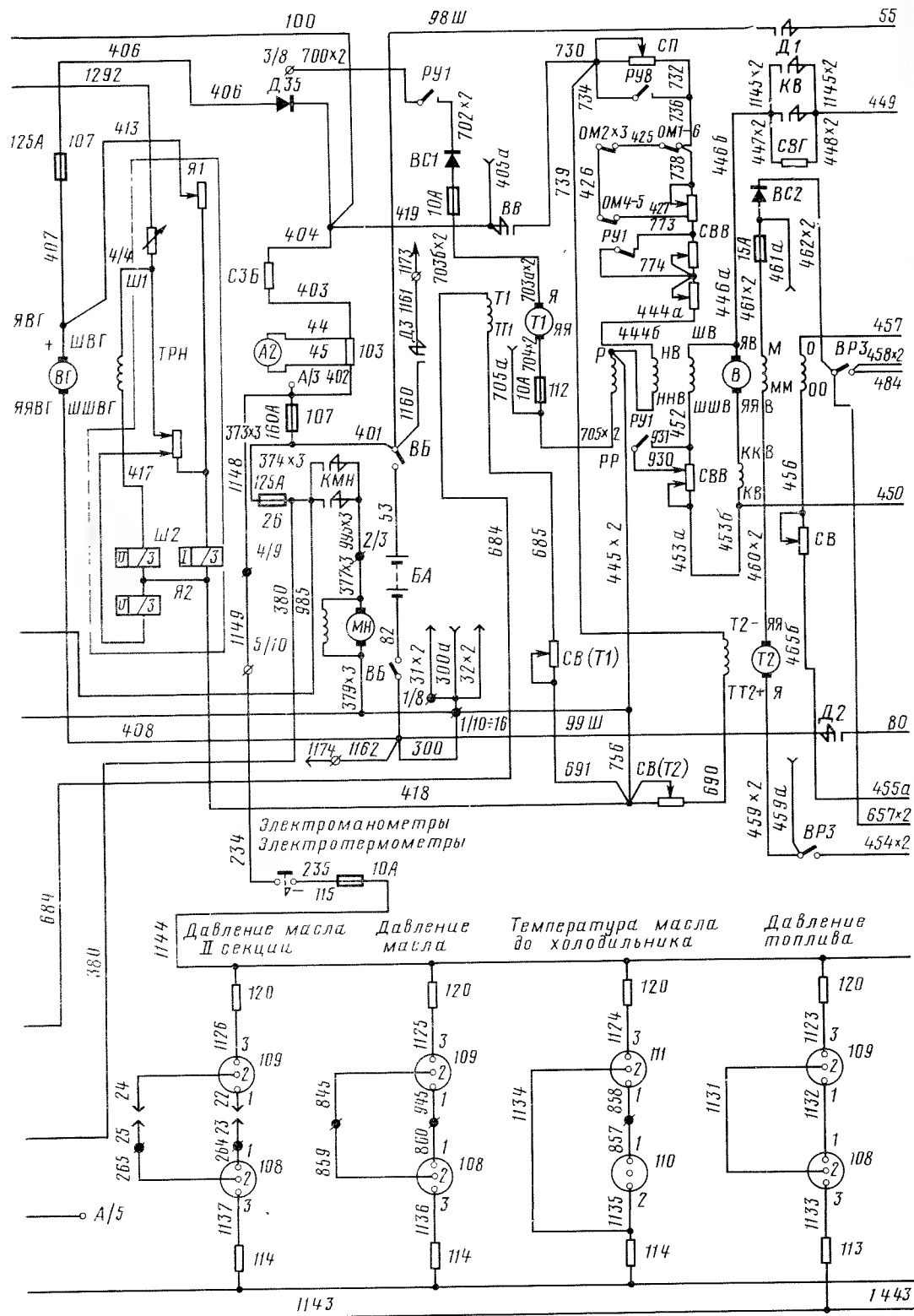
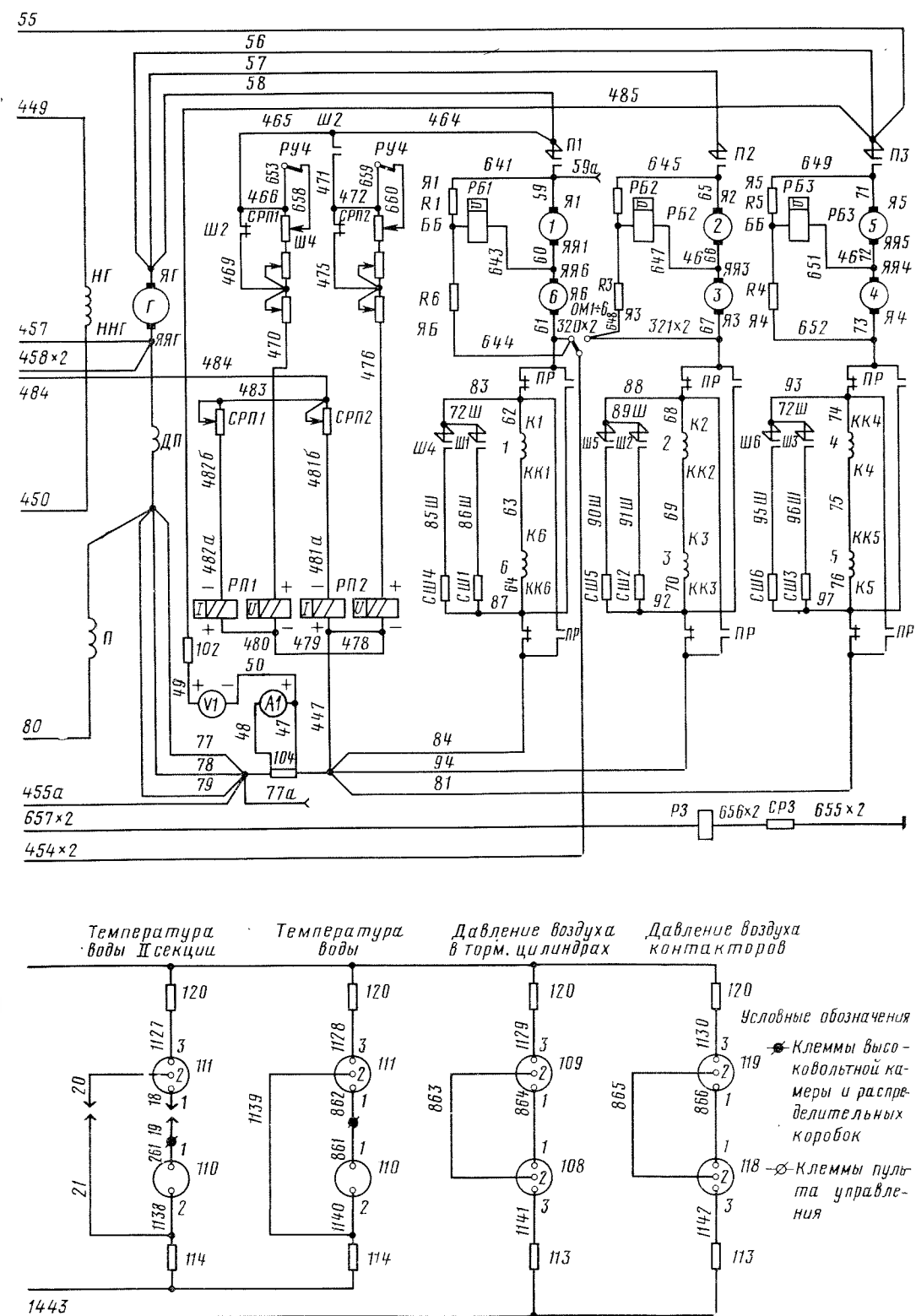


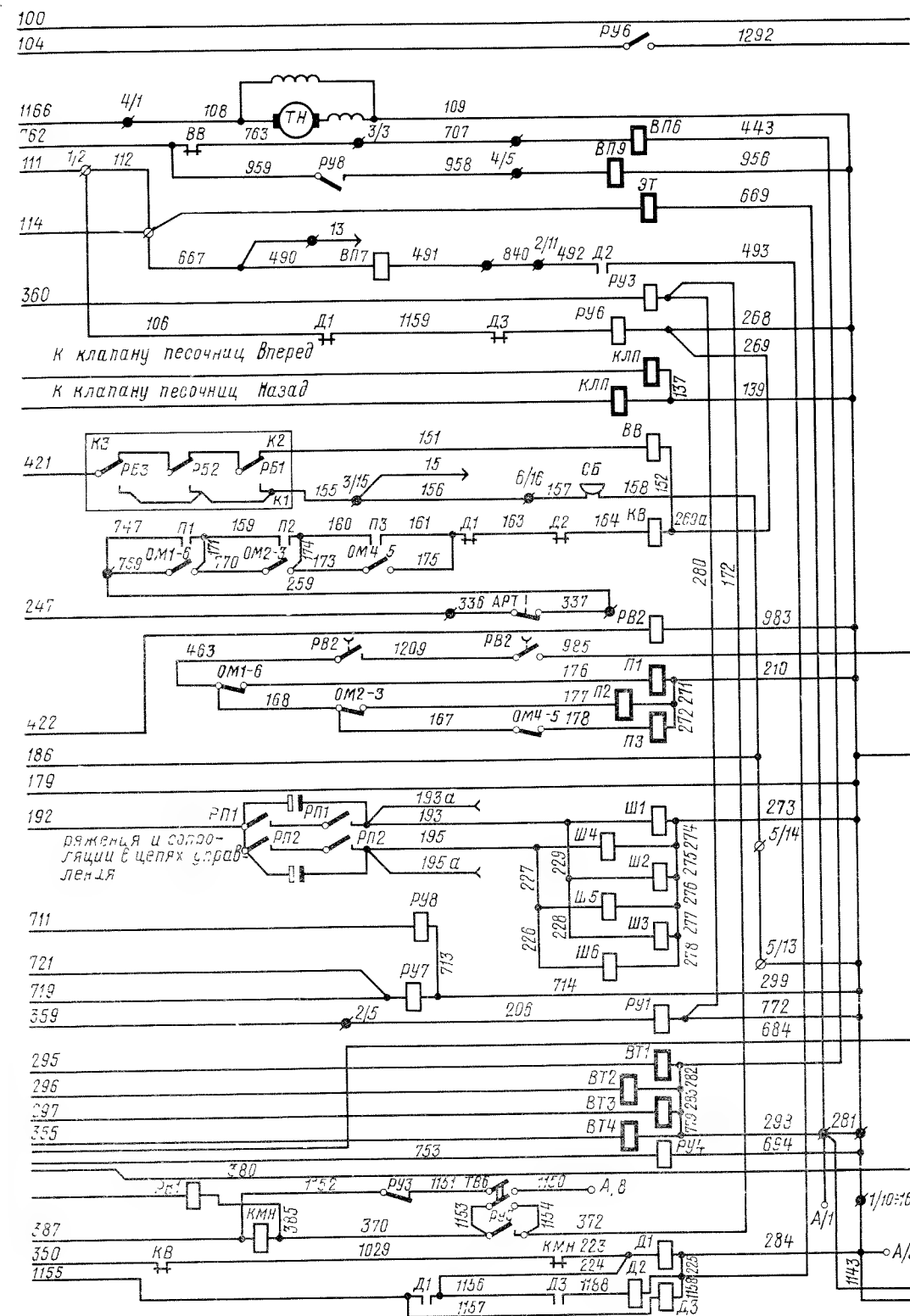
Рис. XIII-114. Схема цепей заряда батарей
В — возбудитель; Т1, Т2 — тахогенераторы; ВС1, ВС2 — селеновые выпрямители (остальные обозна



и возбуждения генератора тепловоза ТЭ3:
чения см. рис. XIII-111, XII-112)

Рис. XIII-115. Схема цепей

ВТ1—ВТ4 — электропневматические вентили; АРТ — термореле воды дизеля; ВП6, ВП7, ВП9 — правого ряда; КР — кнопка подачи песка под



управления тепловоза ТЭЗ:

электропневматические вентили отключения левого ряда насосов, ускорителя пуска, пяти насосов вдувающую секцию (остальные обозначения см. рис. XIII-112)

Таблица XIII-17

Последовательность включений контакторов, реле и вентиля тепловоза ТЭ3

Режим работы	Позиция контроллера	Контакторы						Реле и вентили								Коэффициент возбуждения, %			
		Д1	Д2	Д3	ВВ	КВ	П1, П2, П3	Ш1, Ш2, Ш3	Ш4, Ш5, Ш6	РУ1	РУ4	РУ8	РВ2	РП1	РП2		ВТ1	ВТ2	ВТ3
Пуск дизеля Холостой ход	0	×	×	×	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Работа под нагрузкой	1	—	—	—	×	×	×	×	×	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	100
	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	60
	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	36

Примечание. Переход на ослабленное поле условно показан на 16-й позиции.

включением кнопки *Управление тепловозом* и перестановкой рукоятки контроллера в положение I. При этом получает питание контактор возбуждения возбуждителя ВВ, силовые контакторы П1 — П3 и контактор возбуждения генератора КВ. Контакт ВВ создает цепь питания обмотки независимого возбуждения возбуждителя НВ — ННВ от генератора ВГ. Контакт КВ обеспечивает питание обмотки независимого возбуждения генератора НГ — ННГ от возбуждителя В.

Реле времени РВ2 установлено для уменьшения подгара силовых контактов контакторов П1 — П3 с тем, чтобы они размыкались с запаздыванием по сравнению с размыканием контактов ВВ и КВ.

Защита машин от больших бросков тока осуществляется тем, что катушка контактора КВ получает питание только на 1-й позиции. Это достигается параллельным включением замыкающего контакта РУ8 и замыкающего контакта КВ.

Параллельное включение замыкающего контакта реле РУ4 и контактов реле РДМ2 обеспечивает защиту деталей дизеля с 9-й по 16-ю позицию при падении давления масла ниже 1—1,1 кгс/см².

Для подачи песка под колесные пары только ведущей секции на пульте управления установлена кнопка КР, замыкающая контакты которой подсоединены параллельно замыкающим контактам ножной

педали песочницы КН. Для предохранения от взрыва в картере дизеля используется дифференциальный манометр КДМ.

Узел дополнительного регулирования мощности АРМ состоит из регулировочной обмотки Р-РР, тахогенератора Т1 и селенового выпрямителя ВС1. Он работает только на 16-й позиции контроллера. Схема регулируется так, что при частоте вращения вала дизеля несколько меньше номинальной (830 об/мин) $E_{Т1} > U_{ВГ}$, вследствие чего происходит подпитка независимой и регулировочной обмоток возбуждения возбуждителя В.

Узел дополнительного регулирования тока АРТ состоит из тахогенератора Т2, ограничительной обмотки М-ММ и селенового выпрямителя ВС2, подсоединенных параллельно обмотке добавочных полюсов генератора и обмоткам главных полюсов тяговых двигателей 1 и 6.

Цепи реле переходов подобны аналогичным цепям тепловоза 2ТЭ10Л.

Срабатывание реле заземления вызывает снятие нагрузок с генератора, при этом размыкающие контакты контактора ВВ создают цепь питания вентиля ВП6, который отключает левый ряд топливных насосов.

При повреждении одного из двигателей отключателем ОМ отсоединяют ту группу электродвигателей, в которой он находится. Выключатель АВ при езде с не-

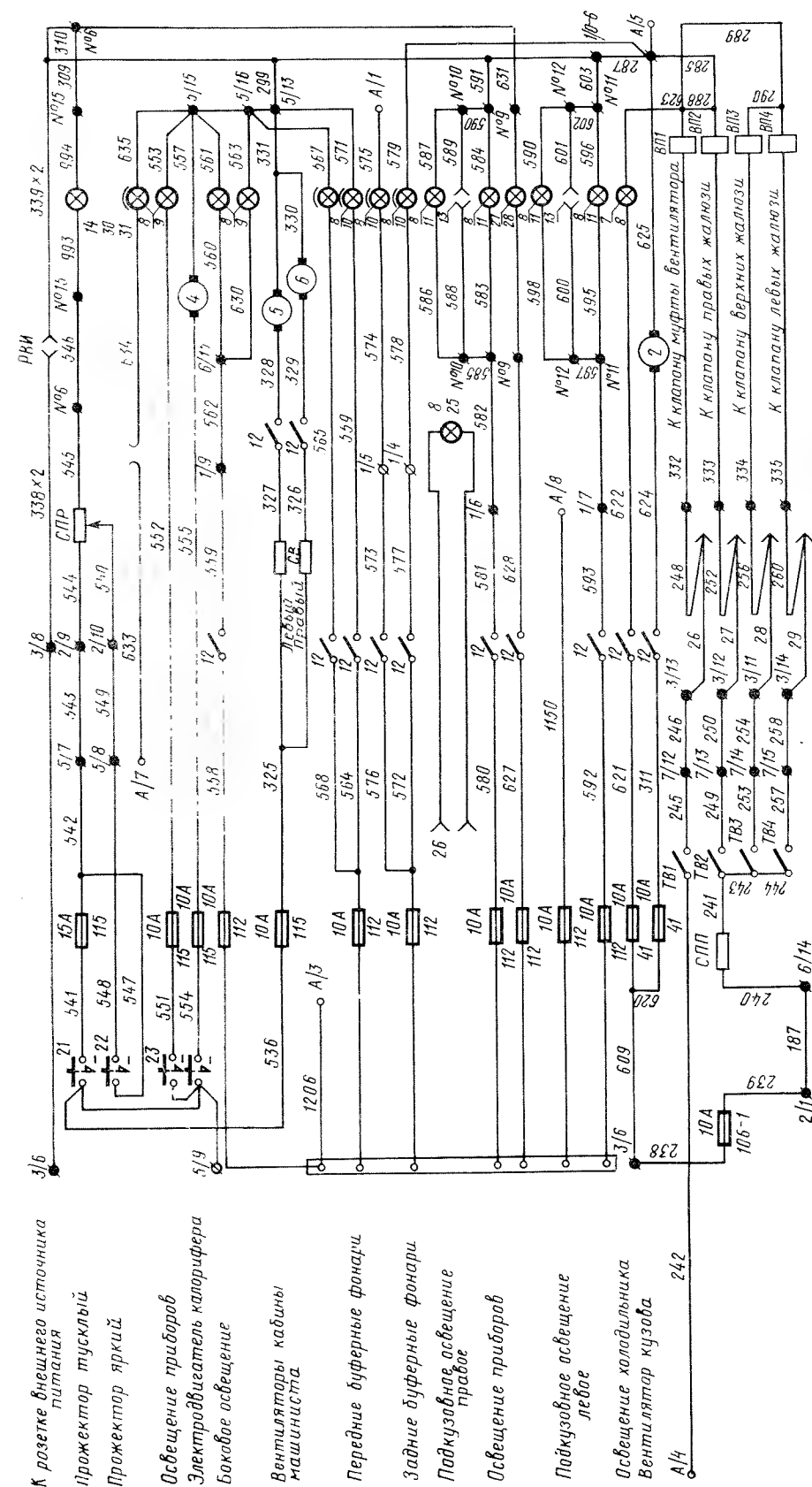


Рис. XIII-16. Схема цепей освещения и управления холодильником тепловоза ТЭ3:

ВП1— ВП4 — электроосветительные вентили; 21, 22, 23 — кнопки включения (остальные обозначения см. рис. XIII-113)

полным числом двигателей отключается, иначе узел АРМ будет стремиться увеличить мощность генератора.

Цепи освещения и вспомогательного оборудования. Освещение кабины машиниста, дизельного помещения и питание штепсельных розеток производится непосредственно от шин батареи (рис. XIII-116). Остальные цепи получают питание от БА при включении выключателя ВБ, а при работающем дизеле — от вспомогательного генератора.

XIII-18. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВЗОВ ТЭМ2, ТЭМ1 и ТЭ1

На тепловозах ТЭМ2, ТЭМ1 и ТЭ1 применена схема возбуждения главного генератора электромашинного типа, использующая возбуждатель с продольным расщеплением полюсов (см. рис. XIII-107). Управление всеми маневровыми тепловозами осуществляется контроллером машиниста, имеющим восемь положений.

Тепловоз ТЭМ2. Он приводится в движение шестью тяговыми двигателями, которые соединены в две параллельные группы (рис. XIII-117*). Коэффициент возбуждения 48 и 26%. Переключения с полного поля на ослабленное и обратно осуществляются автоматически при помощи двух реле переходов РП1 и РП2.

Пуск дизеля и работа его без нагрузки. Для пуска дизеля включается разъединитель аккумуляторной батареи РБ, универсальный блокировочный ключ КБ, автоматические выключатели *Топливный насос*, *Управление обшей*, *Масляный насос* (рис. XIII-118*). Рукоятка КМ находится на нулевой позиции. Пуск дизеля осуществляется включением тумблера В27 *Пуск — остановка дизеля*, чем обеспечивается цепь питания катушки контактора топливного насоса КТН через контакты переключателя режимов ПЧТ, блокировочного магнита БМ и реле РУ4 и РУ17.

Для сохранения цепи питания катушек РУ17, РУ4 и БМ на рабочих позициях КМ контакты КТН шунтируют контакты КМ, замкнутые только на нулевой позиции КМ.

После срабатывания контактора и реле РУ17 получает питание электродвигатель топливного насоса ТН, обмотка возбуждения вспомогательного генератора ВГ и катушка реле времени РВ2.

После срабатывания РВ2 создается цепь питания катушек реле РВ3, контактора КМН, обеспечивающего питание электродвигателя маслопрокачивающего насоса МН от аккумуляторной батареи БА. Насос МН производит предварительную прокачку масла в течение 30 с. После прокачки масла включается реле РУ5, обеспечивающее питание катушек контактов Д1 и Д2, силовые контакты которых подключают главный генератор к БА.

Когда дизель начнет работать и в масляном трубопроводе создастся давление 1,6—1,7 кгс/см², катушка блокировочного магнита БМ питается через контакты реле РУ4 и масляного давления РДМ. При этом контакторы Д1 и Д2 замыкаются и генератор отключается от БА. Задержка отключения Д1 и Д2 на 5 с после включения РДМ повышает устойчивость пуска.

При падении давления масла при работе дизеля до 1,5 кгс/см², контакты РДМ размыкаются, катушка БМ обесточивается и дизель останавливается.

Проворот коленчатого вала дизеля после его остановки обеспечивает возбуждение катушек контакторов Д1 и Д2 без подачи топлива в цилиндры, для чего предусмотрена кнопка КП (*Проворот вала дизеля*). Начиная с тепловоза № 0720 вместо реле обратного тока РОТ и контактора заряда батареи Б устанавливаются вентиль ВК2-200. Для предотвращения питания главного генератора Г током ВГ при пуске дизеля введено РУ17, отключающее возбуждение ВГ до конца пуска.

Увеличение частоты вращения вала дизеля осуществляется затяжкой пружины регулятора числа оборотов, которая определяется включением вентилей ВТ1—ВТ4 в последовательности, приведенной в табл. XIII-18.

Цепи возбуждения возбуждателя и главного генератора. Обмотка независимого возбуждения генератора Н-НН получает питание от возбуждателя В через контактор возбуждения КВ. Обмотка возбуждения В имеет двойное питание: независимое — от ВГ и самовозбуждение — от якоря В. Изменением величины сопротивления в цепи независимого возбуждения В обеспечиваются три ступени плавного трогания тепловоза при минимальной частоте вращения вала дизеля. Ступени плавного пуска на панели СВВ обеспечиваются контактами РУ16 и РУ2.

Приведение тепловоза в движение осуществляется переводом реверсивной рукоятки в положение *Вперед* или *Назад*, включением тумблера *Управление машинами* и перестановкой рукоятки контроллера на 1-ю позицию. При этом получают питание катушки реверсора, реле РВ4 и катушка контактора возбуждения возбуждателя ВВ. После срабатывания РВ4 обеспечивается питание катушек силовых контакторов П1 и П2, а затем катушки контактора КВ. В цепь катушки контактора КВ включены следующие блокировочные контакты: контроллера машиниста, дверей высоковольтной камеры БК, РУ2 и КВ, размыкающие контакты Д1, Д2, РУ14 и реле заземления РЗ, замыкающие контакты контакторов П1 и П2 и контакты термореле ТР1. С целью уменьшения подгара силовых контактов контакторов П1 и П2 срабатывание их происходит при обесточенной цепи, а отключение после затухания переходного процесса (П1 и П2 отключаются примерно через 1 с после отключения контакторов ВВ и КВ).

Защита тяговых машин от бросков тока осуществляется параллельным включением контактов РУ2 и КВ, чем обеспечивается возможность питания катушки КВ только на 1-й позиции контроллера машиниста.

Цепи реле переходов и заземления подобны аналогичным цепям тепловоза 2ТЭ10Л. Срабатывание реле заземления приводит к отключению контакторов ВВ и КВ и зажиганию лампы *Сброс нагрузки*.

При срабатывании реле боксования разрывается цепь питания катушки контактора ВВ и одновременно создается цепь питания звукового сигнала СБ.

Регулирование температуры воды производится автоматически при помощи термореле и реле управления. При достижении температуры воды в системе дизеля $78 \pm 2^\circ \text{C}$ срабатывает термореле ТР1, а при температуре воды $85 \pm 1^\circ \text{C}$ — термореле ТР2. Регулирование температуры масла осуществляется также автоматически при помощи термореле и реле управления. Если цепь автоматического регулирования температуры воды и масла дизеля неисправна, то работой холодильника управляют вручную тумблерами.

При достижении температурой охлаждающей воды дизеля максимально допустимого значения $88 \pm 2^\circ \text{C}$ контакты реле ТР1 прерывают цепь питания контактора КВ и снимают нагрузку с дизеля.

Защита главного генератора от чрезмерно больших токов осуществляется токовым реле РТ. Начало срабатывания реле происходит при токе генератора в токовой катушке 860—870 А. При токе 940—950 А подвижной контакт замыкается с передним неподвижным, в результате чего резко снижается напряжение генератора.

При работе по системе двух единиц на тепловозах с № 0763 на ведомом тепловозе главная рукоятка контроллера устанавливается в положение *Холостой ход*, а реверсивная снимается. Электропневматические вентили реверсора, регулятора числа оборотов дизеля, цепи включения нагрузки главного генератора, реле РУ2 и РУ16 второго тепловоза получают питание через контакты контроллера машиниста ведущего тепловоза. Цепи вентилей песочниц КЛП обоих тепловозов приводятся из любого тепловоза.

При установке переключателя ПЧТ в положение П (работа двумя тепловозами) вводятся контакты тумблера В32 *Стоп дизель П тепловоза* в цепь катушки контактора КТН второго тепловоза, что позволяет производить остановку дизеля второго тепловоза с пульта управления первого тепловоза.

На этих тепловозах есть кнопка *Вызов помощника машиниста*, нажатием которой замыкают цепь питания катушки зуммера СБ второго тепловоза, при этом также получают питание лампы *Дизель П тепловоза* и *Сброс нагрузки П тепловоза*.

Цепи второго тепловоза, управляемые с первого, получают питание от вспомогательного генератора первого тепловоза.

Управление пуском дизеля, автосцепкой, холодильником, включением измерительных приборов, сигнальных и осветительных ламп производится отдельно на каждом тепловозе. Некоторые тепловозы оборудованы автоматической локомотивной сигнализацией (АЛСН).

В настоящее время тепловозы ТЭМ2 и ТЭМ1 оборудуются *устройствами для управления одним лицом*, при которых контроллер машиниста и тормозная схема имеют дистанционные приводы. Управление осуществляется с двух переносных пультов с переключателями и кнопками, что позволяет машинисту занимать любое удобное для него место; контроллер машиниста КМ оборудован дистанционным пневмомеханическим приводом. Дистанционное управление обеспечивает поворот главного барабана КМ в обе стороны на любую позицию и позволяет на каждой позиции перейти с дистанционного управления на ручное и наоборот. Мощность дизеля изменяется переключателями 1ПП и 2ПП (рис. XIII-119). Перевод переключателя в положение *больше (Б)* вызывает срабатывание вентилей ВБ и поворот главного барабана контроллера на одну позицию.

Изменение направления движения тепловоза обеспечивается переключателями 1ПР и 2ПР, создающими цепь питания вентилей ВДВ и ВДН. Переключатели 1ПТ и 2ПТ управляют тормозами. Установка переключателя в положение *Тормоз (Т)* включает вентиль ВТ и осуществляется торможение; перестановка переключателя в положение *Отпуск* включает вентиль ВО; в нулевом положении происходит перекрытие. Отключение дизеля, сброс нагрузки, управление автосцепкой, подача песка и сигнала производятся кнопками.

Кнопки 1КО и 2КО *Стоп* включены в цепь блокировочного магнита БМ, они осуществляют остановку дизеля.

Кнопки 1КС и 2КС *Сброс* используются для мгновенного сброса нагрузки, а кнопки КАП и КАЗ — для управления автосцепкой. Подачу песка осуществляют кнопками 1КП и 2КП *Песок* и вентилем КЛП, а сигналы — кнопками 1КТ и 2КТ *Сигнал*.

Схемы электрических цепей тепловозов ТЭМ1 и ТЭ1. По принципу действия эти схемы аналогичны схеме тепловоза ТЭМ2, но они имеют ряд существенных отличий.

Тяговые двигатели тепловозов ТЭМ1 и ТЭ1 при работе соединяются последовательно, последовательно-параллельно, образуя две параллельные группы. Переключение с последовательного соединения двигателей на последовательно-параллельное, подключение резисторов ослабления поля и отключение их осуществляются автоматически при помощи реле переходов РП1. Переключение двигателей с последовательно-параллельного соединения на последовательное осуществляют вручную включением кнопки *Управление переходами*. Начиная с тепловоза ТЭМ1-407 исключено реле ограничения тока РТ, которое предназначалось для защиты ге-

* Рисунок на вклейке.

нератора от чрезмерных токов при последовательно-параллельном соединении тяговых электродвигателей.

ХИИ-19. СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ116 С ПЕРЕДАЧЕЙ ПЕРЕМЕННО-ПОСТОЯННОГО ТОКА

Общие сведения. Тепловозы 2ТЭ116 выполнены с передачей переменного-постоянного тока. Синхронный генератор *СГ* (рис. ХИИ-120) через выпрямительную установку *ВУ* питает шесть тяговых двигателей *1—6* постоянного тока. Все двигатели соединены параллельно и имеют коэффициенты возбуждения 60 и 36%.

Для получения напряжения генератора, изменяющегося по гиперболическому закону, применена система автоматического регулирования возбуждения, включающая синхронный возбудитель *СВ* однофазного тока повышенной частоты, полупроводниковый выпрямительный мост *УМ* на тиристорах и аппаратуру управления.

Пуск дизеля осуществляется от стартер-генератора, который получает питание от аккумуляторной батареи. В генераторном режиме стартер-генератор вырабатывает напряжение 110В для питания цепей управления тепловозом. Схемой предусмотрен электрический привод вспомогательных агрегатов.

Управление регулированием тока возбуждения синхронного генератора осуществляется от блокинг-генератора *БГ1*.

При тяговом режиме связь по току и напряжению генератора осуществляется посредством трансформаторов постоянного тока *ТПТ1—ТПТ3* и трансформатора напряжения *ТПН*. Основной сигнал установки обеспечивается бесконтактным тахометрическим блоком задания *БЗ* и индуктивным датчиком *ИД* объединенного регулятора дизеля.

Преобразование сигналов обратной связи и сравнение их с сигналами уставки происходит в селективном узле *СУ*. Разность сигналов поступает в виде тока управления *i_у* из *СУ* в обмотку управления *МУ* блока *БУВ* и устанавливает требуемый ток в обмотке возбуждения синхронного генератора.

Каждый блокинг-генератор *БГ* состоит из транзистора, трансформатора и диодов. Сигналом для запуска *БГ* является импульс тока, протекающий через конденсатор *С* в момент скачка напряжения на выходе *МУ*. Стабилитроны *СТ1* и *СТ2* служат для предотвращения ложного запуска *БГ* от напряжения холостого хода *МУ* и от напряжения на конденсаторе, когда он зарядится.

Блок управления тиристорами *БУВ* имеет четыре входные цепи и две выходные. Входные цепи: синхронизирующая цепь переменного тока, получающая питание от синхронного возбудителя *СВ* через распределительный трансформатор *Тр1*; цепь постоянного тока, питающаяся от вспомогательного генератора через резис-

тор *Рсд* и стабилитроны *СТ*; цепь тока управления усилителя *МУ*, питающаяся от *СУ*; цепь стабилизации, питающаяся от блока *БСТ*, предназначенная для обеспечения устойчивой работы схемы. Выходные цепи подают управляющие импульсы на тиристоры *Т1* и *Т2*.

Цепь пуска дизеля. Перед пуском дизеля включают разъединитель аккумуляторной батареи *ВБ* (рис. ХИИ-121* и ХИИ-122*), автоматические выключатели *А1* *Возбудитель*, *А2* *Топливный насос*, *А3* *Дизель*, *А6* *Управление холодильником*, *АУ* *управление общее*, вставляют рукоятку блокировки тормоза *367* для замыкания контактов блокировки *БУ*, переводят реверсивную рукоятку в одно из рабочих положений и включают тумблер *ТН1* *Топливный насос*.

Контактор топливного насоса *КТН* получает питание через выключатель *А3* по проводу *1/23*. Затем кратковременно нажимают кнопку *ПД1* *Пуск дизеля* и пуск осуществляется автоматически. По цепи от *АУ* через блокировочные контакты тормоза *БУ*, реверсора, контакты *КМ*, *РУ9*, *БПД* (*Блок пуска дизеля*), *ОМН* (*Отключение масляного насоса*) получает питание катушка контактора *КМН*. Электродвигатель масляного насоса *МН* получает питание от *БА*. Блокировочные контакты *КМН* собирают цепь замещения питания пуска после отпуска кнопки *ПД1*; включают тяговый электромагнит *МР6* объединенного регулятора дизеля. При повышении давления масла в системе до 0,2÷0,3 кгс/см² срабатывает реле давления масла *РДМ3* и включает в работу блок *БПД*, который обеспечивает предварительную прокачку масла в системе в течение 60 с, после чего включаются пусковые контакторы *Д1* и *Д2*. Одновременно подается питание катушке вентиля *ВП7* ускорителя пуска. Блокировочные контакты контактора *Д1* разрывают минусовую цепь катушки контактора *КРН* регулятора напряжения, чем предотвращается перевод стартер-генератора *СГ* в генераторный режим.

Силовой контакт контактора *Д2* подсоединяет *СГ* к *БА* и он начинает вращать вал дизеля. Одновременно от *А1* (см. рис. ХИИ-122) через блок-контакт *Д2* подается питание на обмотку возбуждения возбудителя *СВ* (клеммы *И1* и *И2*), а со стартерной обмотки его переменное напряжение на блок *БПД* (клеммы *15* и *12*). При повышении давления масла до 0,6—0,8 кгс/см² срабатывает реле *РДМ4* и подводит напряжение к катушкам реле *РУ9* и *РУ10* (см. рис. ХИИ-121), а с увеличением частоты вращения вала дизеля напряжение *СВ* становится достаточным для открытия тиристора *ВУ3*, чем создается минусовая цепь катушек, и реле *РУ9* и *РУ10* включаются.

Включившись, реле *РУ9* разбирает цепь пуска дизеля. Замыкающие контакты *РУ9* шунтируют минусовую цепь *ВУ3* и контакты *КМН* в цепи тягового электромагнита *МР6*, осуществляя его питание от *А3* через контакты *КТН*, *РДМ4*, *РУ9*.

* Рисунок на вклейке.

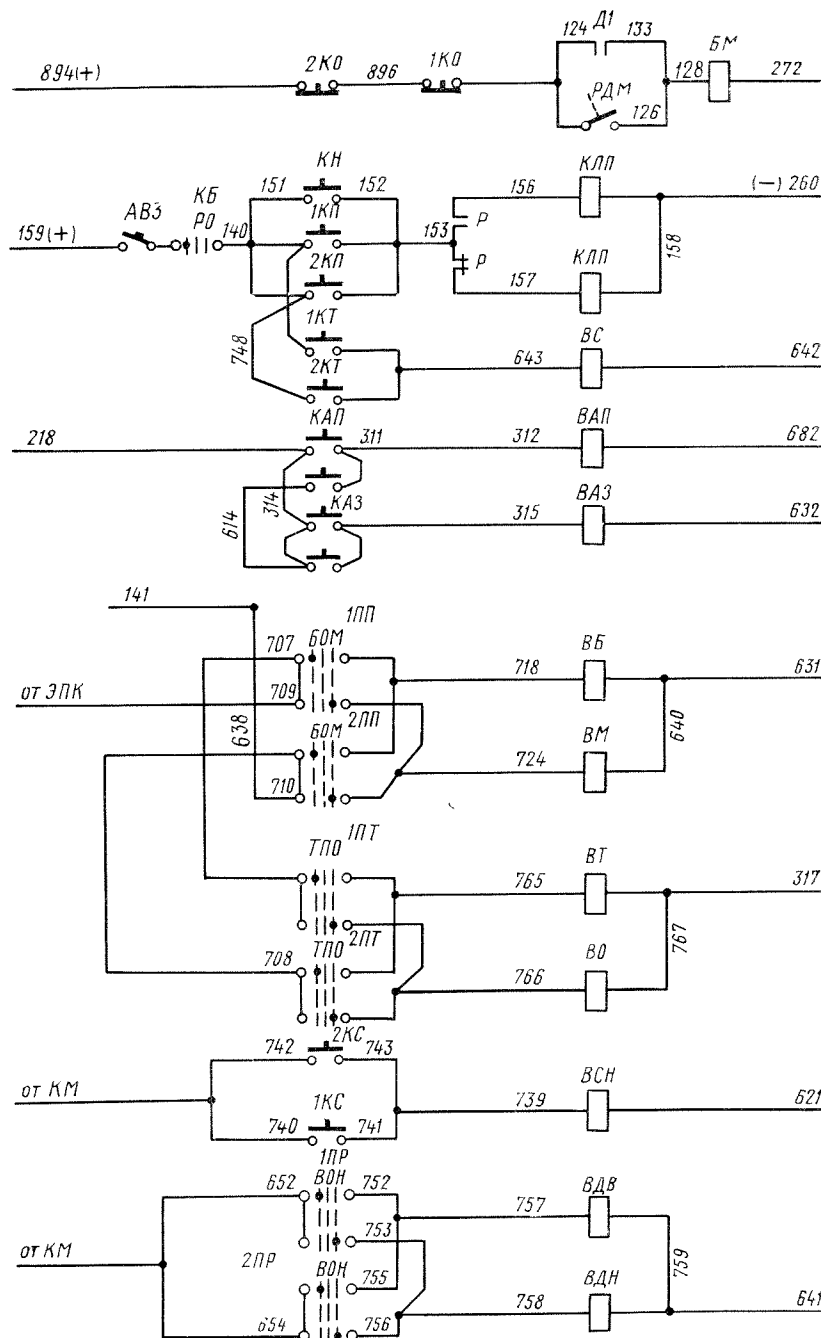


Рис. ХИИ-119. Электрические цепи устройства для управления тепловозом одним машинистом

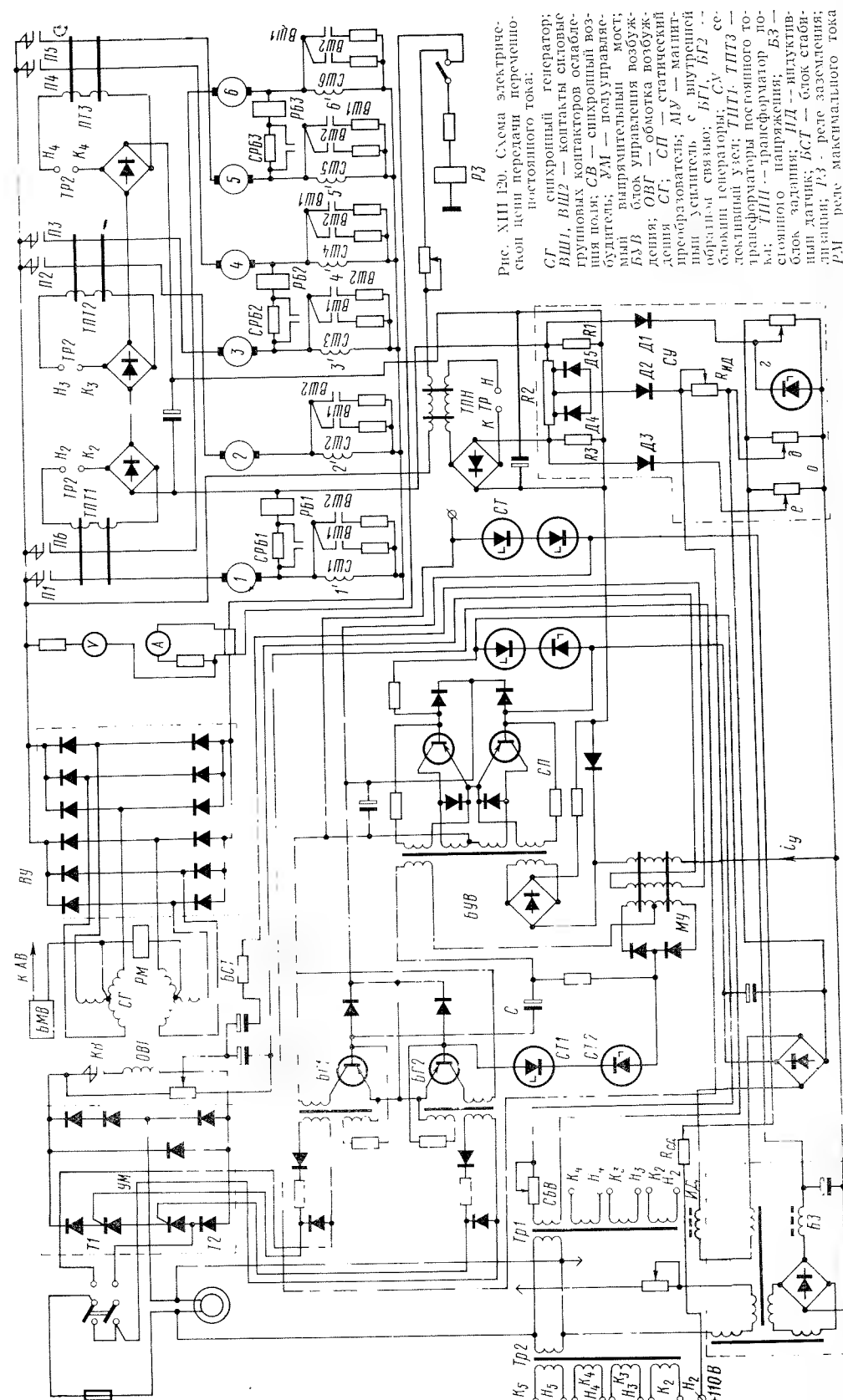


Рис. XIII 120. Схема электрической цепи передачи переменного тока:

[illegible]

Размыкающий контакт $PY9$ отключает контактор KMN и блок $БПД$.

Другие замыкающие контакты *РУ9* создают плюсовую цепь катушки контактора *КРН* от *А3* через контакты *КТН*, включают счетчик моточасов *СМ* и электропневматический вентиль *ВТН*, отключающий по два топливных насоса в каждом ряду цилиндров дизеля при работе на холостом ходу (см. рис. XIII-122).

После этого блок *БПД* (см. рис. Х111-121) отключает пусковые контакторы *Д1*, *Д2* и вентиль ускорителя пуска *ВП7*. Силовые контакты контактора *КМН* отключают от *БА* электродвигатель *МН*, а блокировочные его контакты разрывают цепь замещения питания пуска дизеля и катушки *МР6*. Последний может получать питание только через контакты *РДМ4*.

Контакты $D1$ и $D2$ отключают стартер-генератор от $БА$ (см. рис. XIII-121). Блокировочный контакт $D2$ снимает возбуждение с возбuditеля, а $D1$ вновь замыкает минусовую цепь катушки KPH , включая контактор KPH от $A3$. Контактор KPH подает питание на независимую обмотку возбуждения $H-HH$ стартер-генератора, и он переходит в генераторный режим. Регулятор PH поддерживает напряжение 110 В, питающее цепи управления и осуществляющее подзаряд $БА$.

Давление масла в системе дизеля должно быть не менее 1,2—1,4 кгс/см². При уменьшении давления РДМ1 срабатывает, и лампа ЛДМ (см. рис. XIII-122) сигнализирует машинисту об этом.

Размыкающий контакт блока *БПД* в цепи катушки *КМН* контролирует время вращения вала дизеля при пуске. Если при пуске не происходит проворот вала, то цепь разбирается через $2 \cdot 10^{-1}$ с, если же вал проворачивается нормально, то горячая смесь в цилиндрах не воспламеняется, то разбор цепи происходит через $12 \cdot 10^{-1}$ с.

Размыкающий контакт $PY4$ в цепи замещения пуска предотвращает пуск дизеля на позиции контроллера выше нулевой. Остановка дизеля производится отключением тумблера $TN1$.

Увеличение оборотов вала дизеля производится изменением последовательности включения электромагнитов $MP1-MP4$.

Возбуждение главного генератора в режиме холостого хода. Привод вентиляторов охлаждения тяговых двигателей, холодильной камеры и силовой выпрямительной установки осуществляется асинхронными электродвигателями, получающими питание от главного генератора. Вследствие этого возбуждение Γ осуществляется независимо от режима работы тепловоза на любой позиции контроллера, даже на нулевой (рис. XIII-123*). На холостом ходу подача возбуждения осуществляется включением автоматического выключателя $A4$ (см. рис. XIII-122 и XIII-123). При этом получают питание контакторы возбуждения возбуждения $BВ$ и главного генератора KB через контакты реле времени $PВЗ$, реле $PУ5$.

РЗ и *РМ2*, контакты дверей высоковольтных и холодильных камер *БД2—БД9*, контакты *КРН* и контакт блокировки выпрямительной установки *БВУ*. Кроме того, через контакты реле боксования *РБ1—РБ3* подается питание на катушку реле *РУ11*. О создании указанных цепей сигнализирует лампа *ЛН1 Сброс нагрузки*, которая на мгновение загорается, а затем гаснет.

После включения контактора *ВВ* подается питание на обмотку возбуждения *СВ* и блок управления возбуждением *БУВ*, который устанавливает продолжительность открытия тиристоров управляемого моста *УВВ*, чем регулируется величина напряжения и тока на выходе *УВВ*. Включение контактора *КВ* обеспечивает питание обмотки возбуждения генератора *Г* от возбuditеля *СВ* через мост *УВВ*.

Приведение тепловоза в движение. Для перехода с режима холостого хода в тяговый необходимо включить автоматический выключатели А5 (*Компрессор*), А7 (*Пожарная сигнализация*), А13 (*Локомотивная сигнализация*), А10 (*Радиостанция*), электродвигатель вентилятора выпрямительной установки АБУ, тяговых двигателей 1АТ—2АТ, мотор-вентиляторов холодильника 1АВ—4АВ и тумблеры ОМ1—ОМ6, ОТ1—ОТ2 и ТУП. Реверсивную рукоятку переводят в одно из рабочих положений, включают тумблер УТ *Управление тепловозом* и устанавливают штурвал контроллера с нулевой на 1-ую позицию.

Реверсор занимает одно из рабочих положений, а его вспомогательные контакты включают реле времени *PВЗ*. Размыкающий контакт *PВЗ* прерывает цепь питания контакторов *ВВ*, *КВ*, *РУ11* и снимает возбуждение холостого режима генератора.

Замыкающий контакт *PВЗ* включает силовые контакторы *П1—П6*. Замыкающие блокировочные контакты *П1—П6* включают *PУ5*, которое вновь включает контакторы *ВВ*, *КВ* и *PУ11* (питание их осуществляется от *AУ*). С целью удобства производства маневровой работы без набора позиций контроллера предусмотрена кнопка маневрового режима *КМР*.

Цепи защиты и сигнализации. Недостаточное давление масла в системе дизеля определяется реле давления масла *РДМ1—РДМ4*. Если при пуске маслопрокачивающий насос не создаст давления 0,2—0,3 кгс/см², то реле давления масла *РДМ3* не обеспечит сбора схемы пуска дизеля. Если при работе дизеля давление масла снизится до 0,6—0,8 кгс/см², то контакты реле *РДМ4* прервут питание цепи электромагнита *МР6* и дизель остановится. Если давление масла меньше 1,2—1,5 кгс/см² у входа в дизель при работе его, то контакты *РДМ1* включают сигнальную лампу *ЛДМ Давление масла* (см. рис. XIII-121 — рис. XIII-123). Если на позиции контроллера с 12-й по 15-ю не обеспечивается давление масла в верхнем коллекторе дизеля 1,1—1,2 кгс/см², то *РДМ2* производит сброс нагрузки отключением контакторов *ВВ*,

* Рисунок на вклейке.

КВ, реле РУ11 и РВЗ. Одновременно загорается лампа ЛН1 Сброс нагрузки 1 секции.

Повышение давления масляных паров в картере дизеля контролируется дифференциальным манометром КДМ. При замыкании контактов последнего получает питание РУ7, размыкающие контакты которого прерывают цепь питания контактора КТН, вследствие чего прекращается питание электродвигателя топливного насоса ТН и электромагнита МР6 объединенного регулятора дизеля.

Превышение температуры воды и масла охлаждающего дизеля контролируют термореле ТРВ и ТРМ. При срабатывании одного из них снимается нагрузка и загорается лампа ЛН1. О понижении уровня охлаждающей воды в расширительном баке сигнализирует лампа ЛУВ Уровень воды на пути управления.

Экстренная остановка поезда и дизель-генератора осуществляется кнопкой КА Аварийный стоп. При нажатии кнопки КА получает питание реле РЗ и электропневматический вентиль предельного выключателя дизеля ВА выключает предельный выключатель; дизель останавливается. Одновременно размыкающие контакты РУЗ прерывают цепь питания катушки ЭПК локомотивной сигнализации и происходит экстренное торможение поезда. Замыкающие контакты РУЗ создают цепь питания катушки вентилей клапанов песочниц 1КП1 и 2КП2 или 1КП2 и 2КП1. Другой замыкающий контакт РУЗ включает реле РУ7, которое прерывает цепь питания электродвигателя ТН.

Недостаточное давление воздуха в тормозной магистрали контролируется реле давления воздуха РДВ. При снижении давления в тормозной магистрали до 3,5 кгс/см² происходит срабатывание реле РДВ, вследствие чего отключаются контакторы ВВ, КВ и реле РУ11, РВЗ,

а сигнальные лампы ЛН1 и ЛРТ Обрыв тормозной магистрали загораются. На тепловозе также предусмотрен контроль целостности воздухопровода тормозной магистрали, для чего установлены датчики ДДР и ДТЦ.

Комплексное противобоксовочное устройство, повышающее тяговые свойства тепловоза, действует аналогично описанному в схеме тепловоза 2ТЭ10Л.

Защита выпрямительной установки от токов внешнего короткого замыкания или перегрузки осуществляется реле максимального тока РМ1. При срабатывании реле его замыкающий контакт создает цепь питания катушки РУ2. Размыкающими контактами РУ2 отключаются контакторы ВВ и КВ, реле РВЗ и РУ11, при помощи которых снимается нагрузка с главного генератора и загорается сигнальная лампа ЛН1. Для защиты выпрямительной установки от внутренних коротких замыканий установлено реле РМ2, срабатывание которого также приводит к снятию нагрузки и загоранию лампы ЛН1. При выходе из строя электродвигателей вентиляторов охлаждения выпрямительной установки и тяговых электродвигателей отключаются автоматические выключатели АВУ, 1АТ и 2АТ, которые своими вспомогательными контактами отключают контакторы ВВ и КВ, реле РВЗ и РУ11, вследствие чего снимается нагрузка и загораются лампы ЛН1 и Охлаждение ВУ, ТЭД.

Проверка исправности сигнальных ламп ЛДМ, ЛО, ЛПС и ЛУВ осуществляется тумблером ТКС, а определение аварийной секции тумблером ТПИ-11 (при включении ТПИ-11 сигнальная лампа ведущей секции гаснет).

Указатель поврежденный УП облегчает отыскание неисправностей локомотивной бригадой в электрических цепях пуска дизеля и возбуждения главного генератора.

XIV. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ И ТЕПЛОВОЗАХ

XIV-1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование на электроподвижном составе и тепловозах должно быть расположено так, чтобы максимально обеспечивались следующие условия: безопасность обслуживания; удобство монтажа и демонстрации отдельного оборудования и агрегатов; наличие изоляционных воздушных промежутков между элементами оборудования, находящимися под напряжением, и заземленными конструкциями; доступность к узлам, требующим периодического контроля, обслуживания и смены в условиях эксплуатации; правильная развеска; соблюдение габарита; минимальная длина соединительных проводов, шин, кабелей, воздухопроводов; минимальные количество и масса каркасов и опорных конструкций для установки оборудования; исключение вредного влияния одного оборудования на другое (сильные магнитные поля, вибрации, нагрев и т. д.); выполнение требований промышленной санитарии и инженерной психологии.

Для расположения оборудования обычно используют раму, пространство внутри кузова, крышу и подкузовное пространство.

Место расположения оборудования определяется его функциональным назначением и не может быть произвольно изменено. Однако большинство оборудования может быть размещено практически в любом месте. При этом необходимо, чтобы форма исполнения оборудования (способ защиты от внешних воздействий) соответствовала месту его установки.

Оборудование, размещенное в кузове, находится в наиболее благоприятных условиях, так как в этом случае оно защищено от непосредственного воздействия дождя, снега и пыли. Оборудование, располагаемое на крыше или в подкузовном пространстве, должно быть предназначено для наружной установки: иметь закрытое исполнение и т. д.

XIV-2. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОВОЗАХ

Решающее значение для расположения оборудования на электровозах и тепловозах имеет количество и местонахождение

постов управления, а также переходов между ними.

Возможные варианты. На электровозах возможно несколько вариантов расположения постов управления (ПУ). Наибольшее распространение получило концевое расположение ПУ (рис. XIV-1 а). Центральное расположение ПУ (рис. XIV-1 б) применяют на маневровых и промышленных электровозах. Промежуточное расположение ПУ (рис. XIV-1 в) в последнее время на магистральных электровозах почти не применяется. При концевом расположении ПУ большое значение для расположения оборудования и его обслуживания имеет размещение переходов (рис. XIV-2). В случае если вход в электровоз осуществляется непосредственно через кабину машиниста, поперечные проходы могут отсутствовать.

Для того чтобы обеспечить безопасность обслуживания, облегчить монтаж и демонтаж, оборудование стремятся собирать в блоки: блок высоковольтного оборудования (высоковольтная камера), блок трансформатора (рис. XIV-3), блок пускотормозных реостатов, блок низковольтных (силовых) аппаратов (рис. XIV-4) и т. д.

Если магистральный электровоз состоит из двух секций, каждая из них

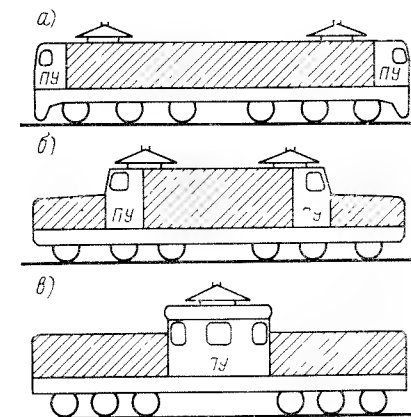


Рис. XIV-1. Расположение постов управления на электровозах:
а — концевое; б — промежуточное; в — центральное

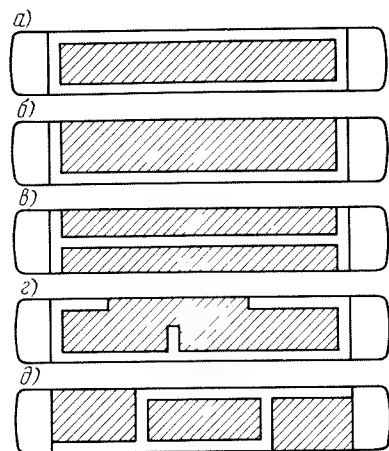


Рис. XIV-2. Схемы проходов на электровозах при концевом расположении постов управления: а — двустороннее расположение проходов; б — одностороннее расположение проходов; в — центральное расположение проходов; г — одностороннее расположение при наличии вспомогательных проходов; д — двустороннее расположение проходов с вспомогательными переходами

имеет одну кабину машиниста. В секциях электровоза, как правило, монтируют почти одинаковый набор оборудования и расположено оно аналогично.

Электровоз ВЛ80^к. Электровоз ВЛ80^к (рис. XIV-5) состоит из двух секций.

Продольный проход в кузове односторонний. Вход в кабину машиниста осуществляется через кузов, для чего имеется поперечный проход непосредственно за кабиной машиниста.

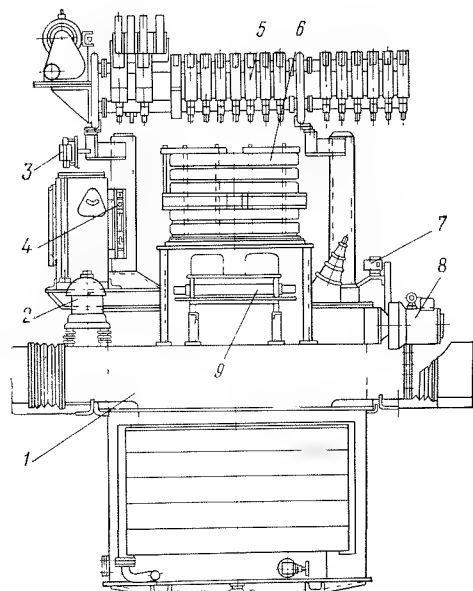


Рис. XIV-3. Блок трансформаторов электровоза ВЛ80^к:

1 — трансформатор; 2 — разрядник; 3 — панель резисторов; 4 — переключатель; 5 — групповой контроллер; 6 — переходный реактор; 7 — трансформатор тока; 8 — масляный насос; 9 — дифференциальное реле

Монтаж и демонтаж оборудования в кузове осуществляются почти исключительно через люки крыши, которые расположены над блоком трансформатора, мотор-компрессором, расщепителем. Тяговые двигатели могут быть демонтированы как вниз, при наличии скатопускной канавы, так и вверх при снятом кузове.

Разница в расположении оборудования первой и второй секций состоит в том, что во второй секции на месте радиостанции размещен санузел, отсутствует электроплитка в кабине машиниста и установлен шкаф для инструмента.

На электровозе ВЛ80^г в подкрышном пространстве того конца секции, который не имеет кабины машиниста, расположены тормозные реостаты с вентиляционной системой. Остальные изменения в расположении оборудования на этом электровозе не носят принципиального характера (расщепитель фаз и мотор-компрессор установлены параллельно продольной оси электровоза, изменено расположение аккумуляторной батареи и некоторых панелей аппаратов и т. д.).

Электровоз ВЛ10. Электровоз ВЛ10 состоит из двух секций с практически одинаковым расположением оборудования (рис. XIV-6). Секция имеет один сквозной и один тупиковый продольные проходы и поперечный проход вдоль задней стенки кабины машиниста. Высоковольтная камера (ВВК) в свою очередь имеет в центре продольный проход. Использование тупикового прохода и прохода ВВК возможно только при опущенном токоприемнике.

Вторая секция отличается от первой тем, что вместо санузла и дешифратора на ней расположены аккумуляторная батарея, радиостанция и вспомогательный компрессор для подъема токоприемника.

Аппараты в высоковольтной камере расположены в два ряда: внизу — коммутационные аппараты, аппараты защиты, сверху — пусковые реостаты, демпферные резисторы, индуктивные шунты. Монтаж и демонтаж оборудования осуществляется через крышесые люки. Монтаж оборудования в ВВК выполняется блоками.

Электровоз ВЛ82. Принцип расположения оборудования на электровозе ВЛ82 (рис. XIV-7) аналогичен принятому на электровозе ВЛ80^к. Для повышения удобства обслуживания со стороны, противоположной кабине машиниста, имеется тупиковый проход. По условиям развески мотор-компрессор передвинут ближе к кабине машиниста.

Электровоз ВЛ60^к. Оборудование расположено в кузове симметрично относительно продольной оси электровоза (рис. XIV-8). Имеются два продольных сквозных прохода и два поперечных. В центре кузова расположено трансформаторное помещение; по обе стороны от него высоковольтные камеры и ближе к кабинам машиниста — машинные помещения. В высоковольтных камерах смонтированы выпрямительные установки с блоками защиты

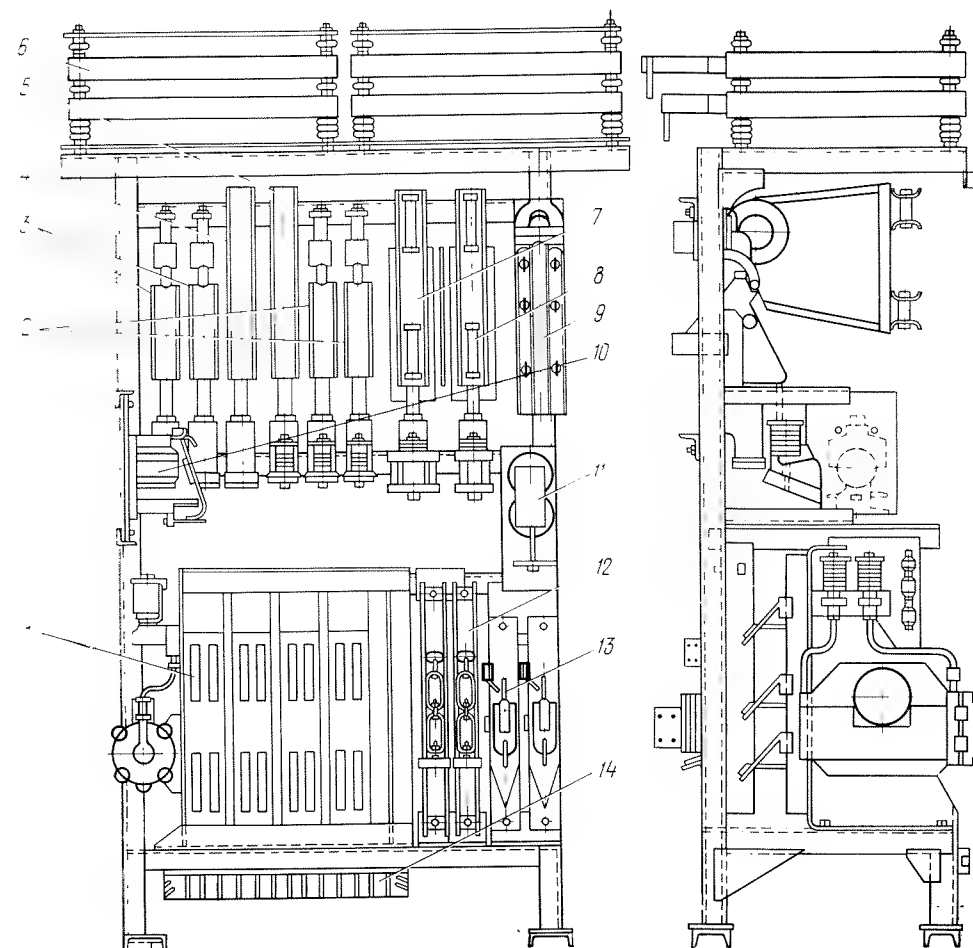


Рис. XIV-4. Блок силовых аппаратов электровоза ВЛ80^к:

1 — кулачковый реверсор; 2-5, 7, 8 — пневматические контакторы; 6 — резисторы ослабления тяговых двигателей; 9 — разъединитель; 10 — реле времени; 11 — реле боксования; 12 — разъединитель двигателей; 13 — реле перегрузки; 14 — контактная рейка

ты, блоки силовых аппаратов, резисторы ослабления поля и др.

Все блоки аппаратов и машин съемные (за исключением кожухов вентиляторов, которые приварены к каркасам) и могут быть демонтированы через крышесые люки. Вентиляторы демонтируют только после снятия мотор-компрессоров и расщепителя фаз.

Этот принцип расположения оборудования сохранен и на электровозах ВЛ60 и ВЛ60^р. Несколько изменена компоновка отдельных блоков оборудования, а также расположение аппаратов в высоковольтной камере.

На электровозе ВЛ60^р в трансформаторном помещении дополнительно установлена выпрямительная установка для питания обмоток возбуждения в режиме рекуперации, в высоковольтных камерах — быстродействующие выключатели защиты электровоза в режиме рекуперации, тормозной переключатель, а на крыше — два блока вентилируемых балластных резисторов.

Электровоз ЧС2. Основное электротехническое оборудование электровоза ЧС2 расположено в двух высоковольтных камерах, примыкающих к кабинам машиниста (рис. XIV-9). Высоковольтные камеры отделены друг от друга поперечным проходом. В обеих высоковольтных камерах расположены пусковые реостаты, мотор-компрессоры и мотор-вентиляторы. Комплект остальных аппаратов в камерах различный: в первой — быстродействующий выключатель, переключатель ослабления поля, реле, реверсор; во второй — групповой контроллер, контакторы пусковых реостатов, электромагнитные контакторы вспомогательных машин.

На крыше электровоза смонтированы два токоприемника, разъединители токоприемников, разрядник, заземлитель. На электровозах более поздних выпусков на крыше монтируют воздушные резервуары.

Электровоз ЧС4. Пульс машиниста и помощника единый (рис. XIV-10). Основное оборудование на электровозе расположено в высоковольтной камере, заблокированных

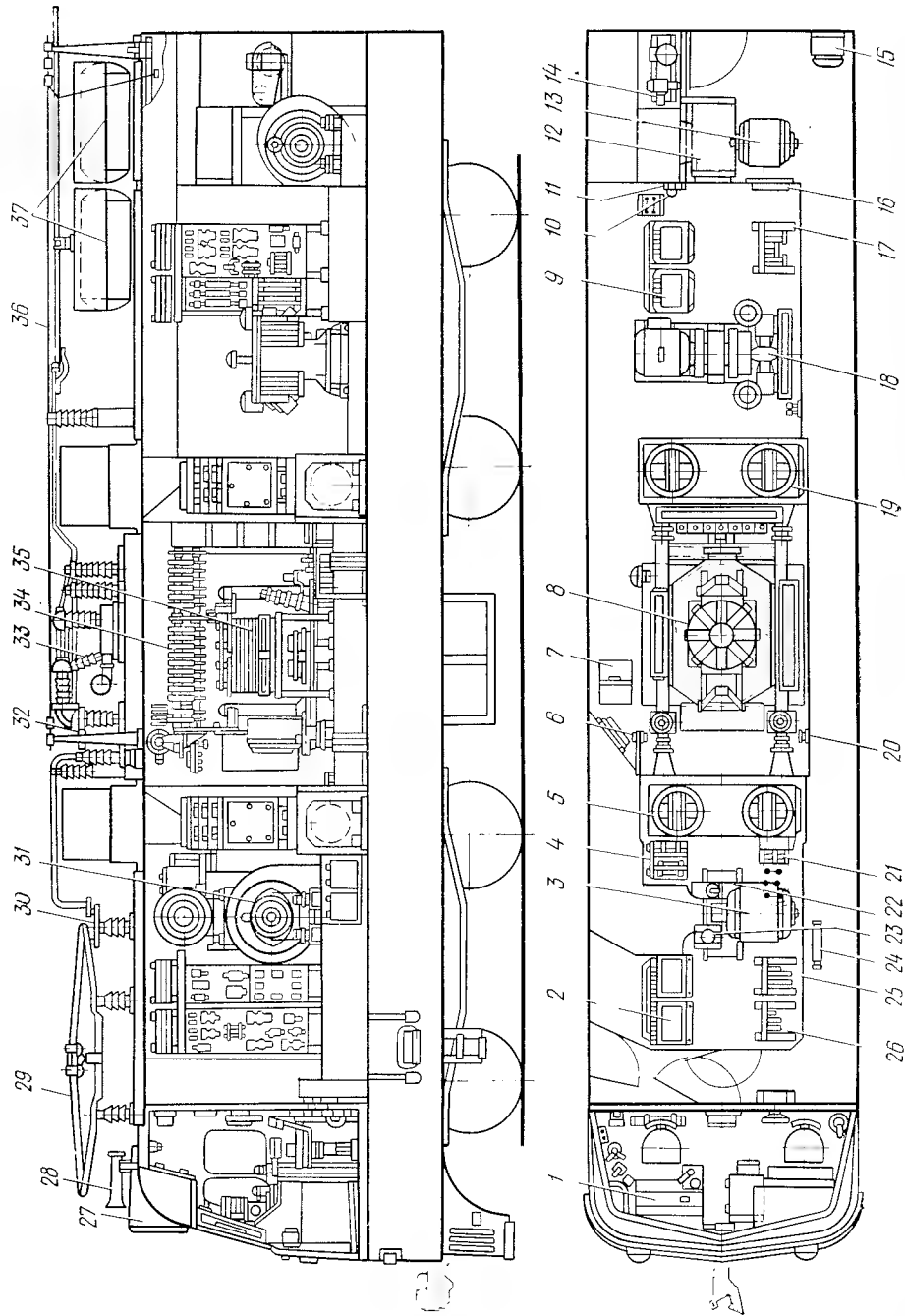


Рис. XIV-5. Расположение оборудования на электроваго-не ВЛ10:

1 — кабина машиниста; 2 — блок силовых аппаратов № 1; 3 — расщепитель фаз; 4 — блок конденсаторов; 5, 19 — выпрямительная установка со сглаживающими реакторами; 6, 17, 25, 26 — панели аппаратов; 7 — трансформатор цепи собственных нужд; 8 — блок тягового трансформатора № 2; 9 — блок силовых аппаратов № 2; 10 — трансформатор обмотки трансформатора цепи зарядки аккумуляторной батареи; 12 — аккумуляторная батарея; 13, 31 — мотор-вентилятор; 14 — вспомогательный компрессор для подпитки топлива; 15 — радиостанция; 16 — распределительный щит цепи 50 В; 18 — мотор-компрессор; 20 — разъемный вентиль; 21 — блок конденсаторов; 22 — плавящийся дроссель в цепи аккумуляторной батареи; 23 — сглаживающий дроссель; 24 — пусковой резистор расщепителя фаз; 27 — крыш-ной прожектор; 28 — тифон; 29 — токоприемник; 30 — дроссель подавления помех радиоприему; 32 — разъединитель; токоприемник; 33 — главный выключатель; 34 — групповой переключатель; 35 — переходный ре-актор; 36 — антенна; 37 — главный резервуар

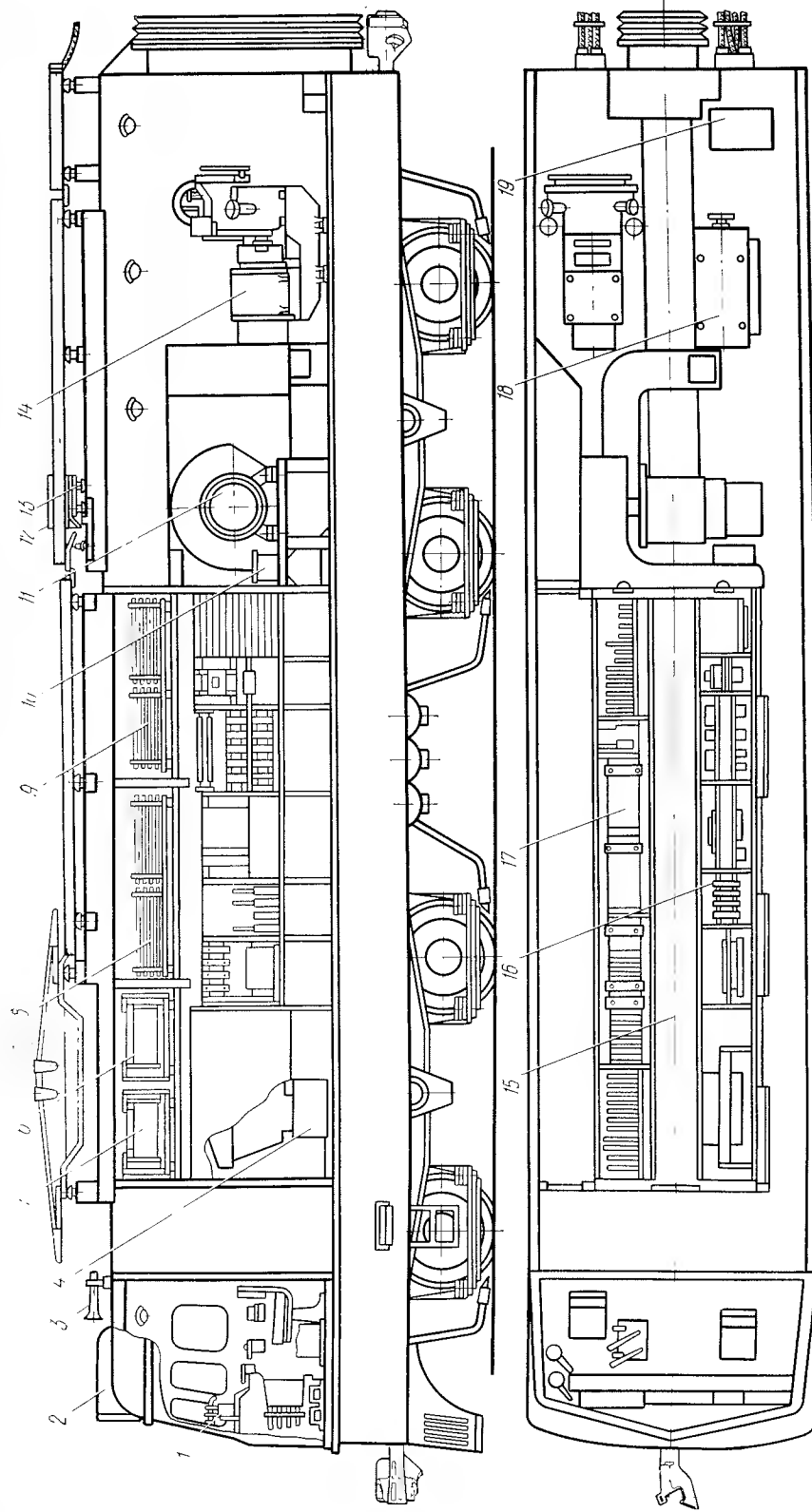
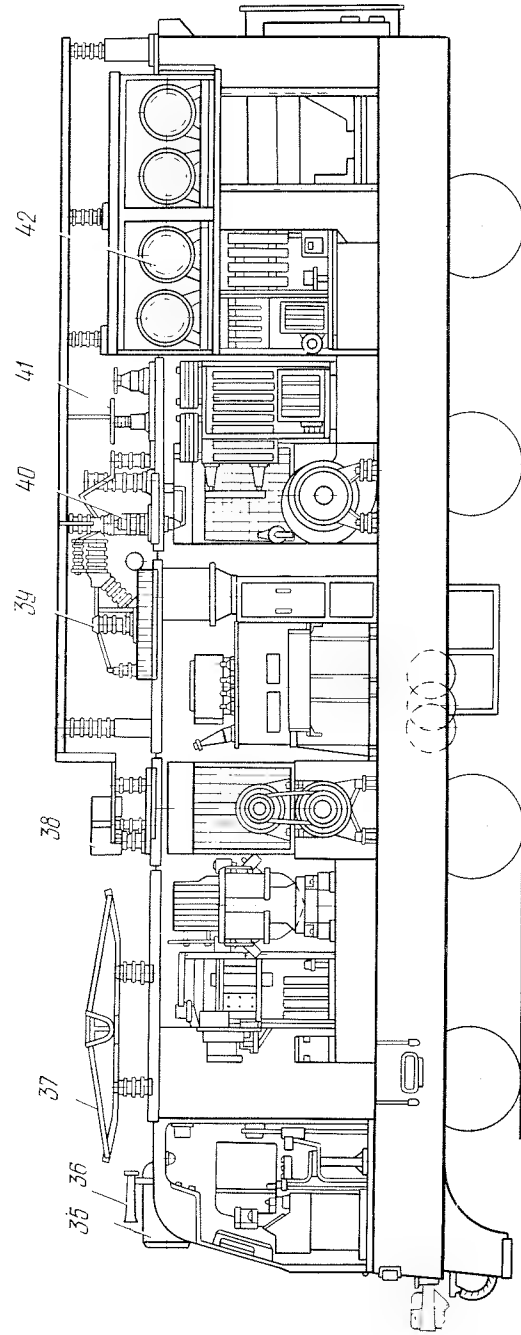


Рис. XIV-6. Расположение оборудования на электроваго-не ВЛ10:

1 — кабина машиниста; 2 — крыш-ной прожектор; 3 — тифон; 4 — быстродействующий выключатель; 5, 6 — индуктивный шунт и резисторы ослабления поля; 7 — токо-приемник; 8, 9 — пусковые резисторы; 10 — дешифратор АДЦ; 11 — мотор-вентилятор с генератором управления; 12 — крыш-ной разъединитель; 13 — дроссель подавления помех радиоприему; 14 — мотор-компрессор; 15 — высокочастотная камера; 16 — блок силовых аппаратов № 2; 17 — блок силовых аппаратов № 1; 18 — мотор-генератор рекуперации; 19 — санузел

Рис. XIV.7. Расположение оборудования на электростанции ВЛ82:



1 — кабина машиниста; 2 — аккумуляторная батарея; 3 — компрессор для подбоя контакторов; 4 — блок контакторов; 5 — резисторы ослабления поля мотор-компрессора (мотор-вентилятора); 6 — демпферный резистор; 7, 13 — пусковой резистор; 8 — мотор-компрессор (мотор-вентилятора); 9 — индуктивный шунт; 10 — мотор-компрессор; 11, 33 — жилающий реактор; 12 — стабилизирующий дроссель в цепи мотор-компрессора (мотор-вентилятора); 14 — трансформатор системы контроля рода тока; 15 — выпрямительная установка; 16 — устройство контроля рода тока; 17 — переключатель выжимательной установки; 18 — разъединитель аварийной работы; 19 — групповой переключатель; 20 — преобразователь напряжения; 21 — панель аппаратов; 22 — радиостанция; 23 — выключатель; 24 — блок силовых аппаратов; 25 — блок пуско-тормозных резисторов; 26 — тормозной переключатель; 27 — стабилизирующий дроссель вентилятора масляного охлаждения; 28 — высоковольтный предохранитель; 29 — мотор-вентилятор; 30 — тяговый трансформатор; 31 — генератор цепи управления; 32 — распределительный щит цепи 50 В; 33 — прожектор; 36 — тифон; 37 — токоприемник; 38 — дроссель подвешивания радиопомех; 39 — главный выключатель; 40 — проходной изолятор; 41 — устройство переключения рода тока; 42 — мотор-вентилятор.

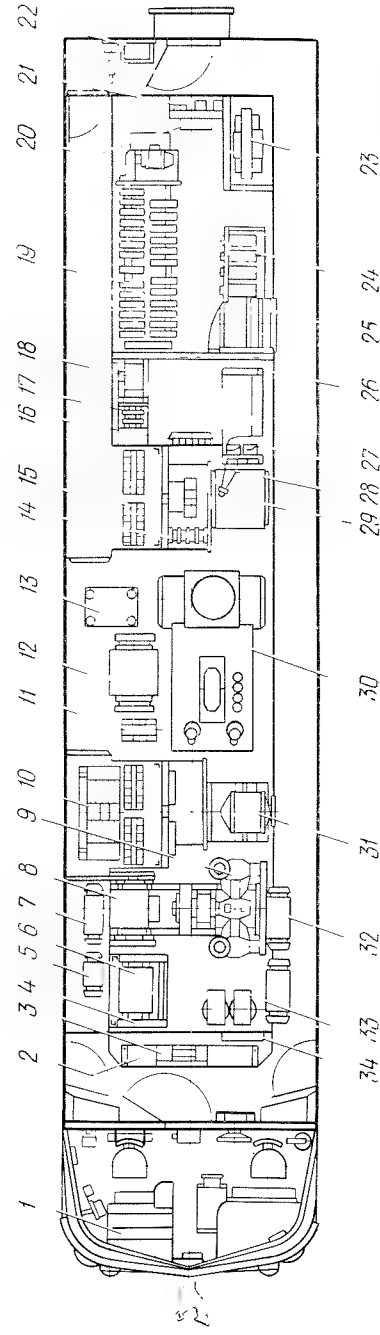
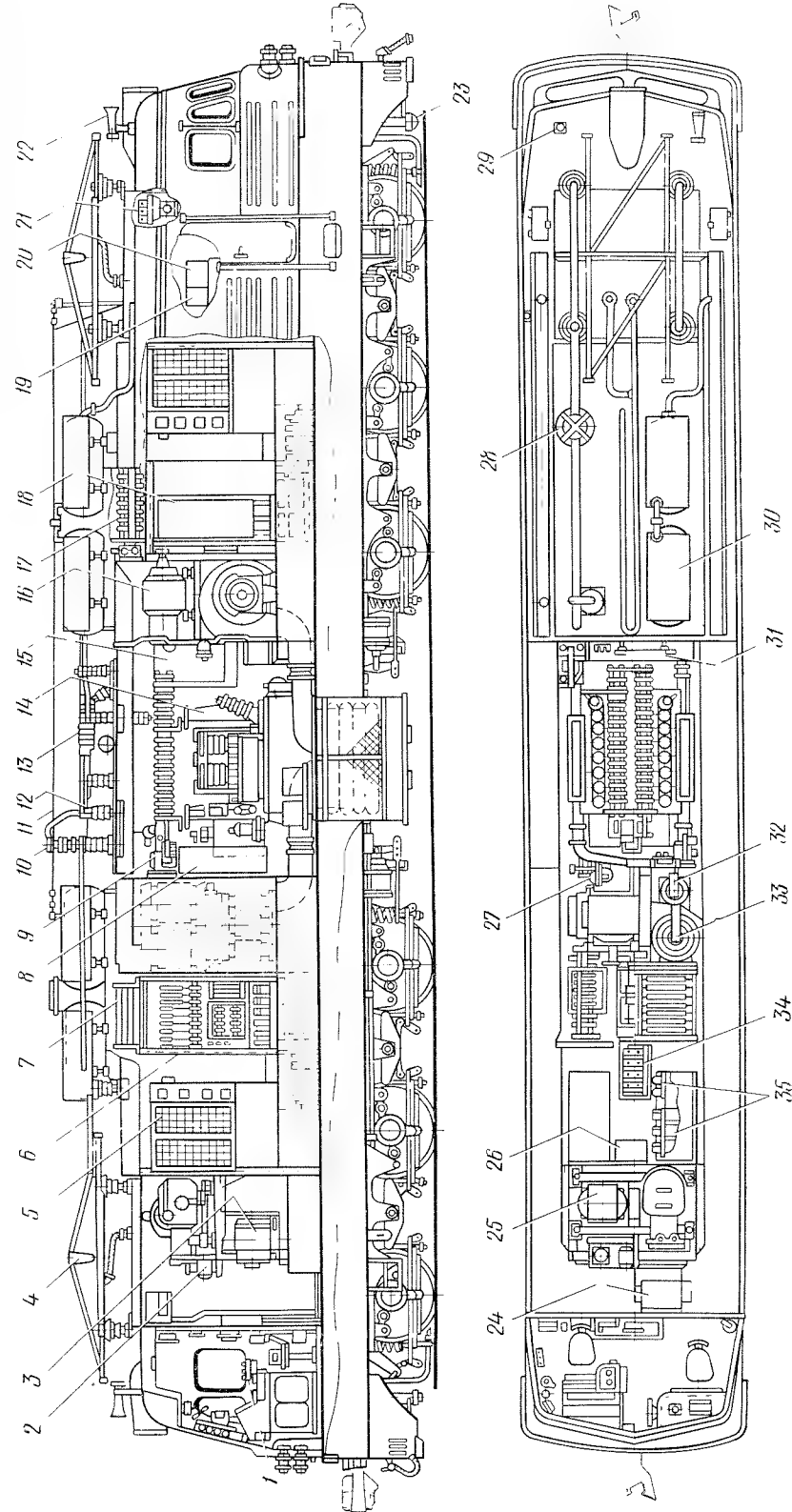


Рис. XIV.8. Расположение оборудования на электровозе ВЛ60:



1 — кабина машиниста; 2 — компрессор для подбоя контакторов; 3 — мотор-вентилятор; 4 — токоприемник; 5 — блок выпрямительной установки; 6 — блок силовых аппаратов; 7 — резисторы ослабления поля; 8, 9, 18 — панель аппаратов; 10 — радиостанция; 11 — антенна радиостанции; 12 — разъединитель; 13 — воздушный выключатель; 14 — блок тягового трансформатора; 15 — распределительный щит; 16 — расщепитель фаз; 17 — разъединитель вентилятора; 19 — блок питания радиостанции; 20 — радиостанция; 21 — воздушный предохранитель; 22 — тифон; 23 — присная катушка автогенератора; 24 — санитет; 25 — мотор-компрессор; 26 — блок защиты подпружиненных батарей; 27 — панель переключателей и предохранителей; 28 — дроссель подавления помех радиопомех; 29 — вентилятор; 30 — главный выключатель; 31 — аккумуляторная батарея; 32 — блок индуктивных шунтов; 33 — стабилизирующий реактор; 34 — блок конденсаторов; 35 — блок генераторной установки.

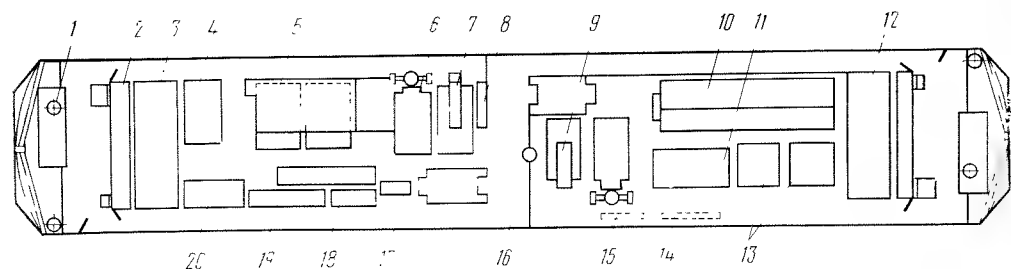


Рис. XIV-9. Расположение оборудования в кузове ЧСД2:

1 — пульт управления; 2 — шкаф для инструмента и одежды; 3, 12 — пусковые резисторы; 4, 11 — реверсоры; 5 — переключатель ослабления поля; 6 — мотор-компрессор; 7, 9 — мотор-вентиляторы; 8 — пневматические приборы; 10 — главный переключатель; 13 — индуктивные шунты; 14, 15 — вспомогательные резервуары; 16 — резервуар; 17 — клеммовая панель; 18 — панель счетчика электроэнергии; 19 — панель реле; 20 — быстродействующий выключатель

шкафах и машинном помещении симметрично (рис. XIV-11). Имеются два продольных и два поперечных прохода. Поперечные проходы находятся непосредственно за кабиной машиниста; на противоположных концах поперечных проходов — входные двери. Один из продольных проходов доступен только при опущенном токоприемнике.

Трансформатор с высоковольтным переключателем ступеней и аппаратурой защиты расположен в высоковольтной камере; выпрямительные установки, сглаживающие реакторы, вспомогательные машины — в машинном помещении. На крыше имеются щиты токоприемников, главного выключателя, разъединителя, разрядников, расположены главные резервуары и змеевики компрессоров. Доступ на крышу на некоторых электропоездах осуществляется снаружи с помощью лестницы, расположенной рядом с входными дверями, на новых электропоездах — через высоковольтную камеру. Аккумуляторная батарея расположена под кузовом.

Все оборудование смонтировано блоками. Конструкция блоков, размеры

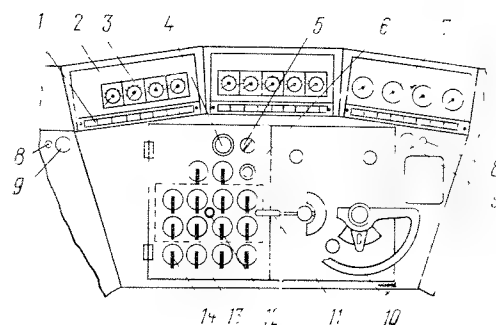


Рис. XIV-10. Расположение оборудования на пульте управления электропоездом ЧСД4:

1 — сигнальные лампы; 2 — панель; 3 — электроизмерительные приборы; 4 — регулятор яркости подсветки приборов; 5 — указатель положения главного выключателя; 6 — выключатель ГВ; 7 — манометры; 8 — выключатель подсветки поездных документов; 9 — лампа подсветки поездных документов; 10 — штурвал контроллера; 11 — реверсивная рукоятка; 12 — блокирующий ключ; 13 — откидная панель; 14 — выключатель

люков в крыше и их расположение таковы, что при замене одного блока не требуется демонтаж соседних.

XIV-3. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ

Особенности расположения оборудования. При расположении оборудования на электропоездах, кроме условий, выполняемых на электровозе, стремятся обеспечить: максимальное использование площади вагонов для размещения пассажиров; минимальный шум и вибрацию от оборудования в пассажирском салоне.

Оборудование может быть расположено на моторном и прицепном вагоне или только на моторном вагоне. Первый вариант обеспечивает полную автономность моторного вагона. При втором варианте легче разместить оборудование и создать благоприятные условия для его обслуживания.

Различают три способа размещения оборудования на вагоне: под кузовом; внутри вагона; смешанное расположение. Во всех случаях часть оборудования располагается на крыше.

Наибольшее распространение получил вариант расположения оборудования под кузовом. В этом случае освобождается для размещения пассажиров и багажа вся площадь вагонов (кроме занятой ПУ), но ухудшаются условия работы электрооборудования.

Оборудование под кузовом вагона размещено в отдельных ящиках с уплотненными разъемами, которые защищают оборудование от внешних механических и атмосферных воздействий. Посты управления располагают в головных вагонах поезда, по одному пульту в вагоне.

Электропоезда ЭР1 и ЭР2. Оборудование (рис. XIV-12) на вагонах этих электропоездов размещено аналогично. Токоприемники, фильтры защиты от помех радиоприему, разрядники и главный предохранитель расположены на крыше мо-

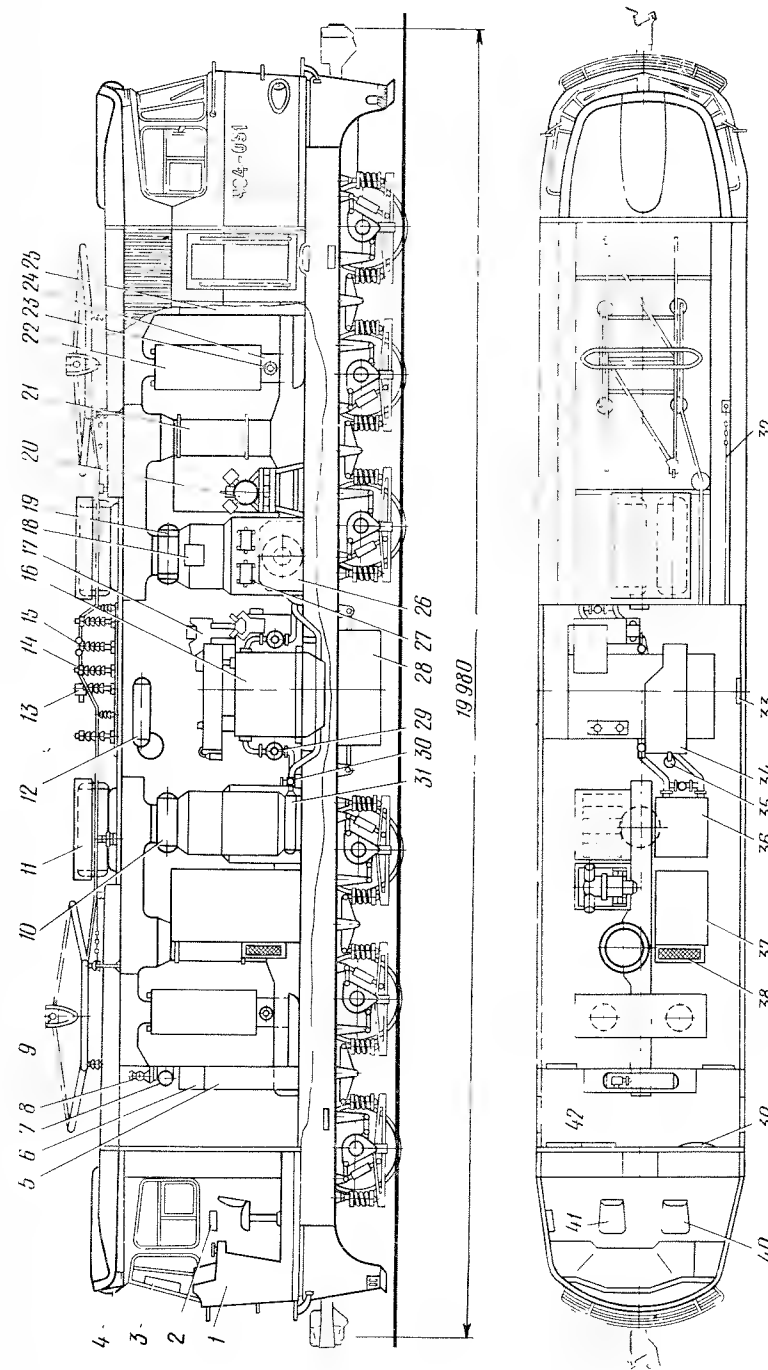


Рис. XIV-11. Расположение оборудования на электропоезде ЧСД4:

1 — пульт управления; 2 — маневровый контроллер; 3 — световой локомотивный сигнал; 4 — проектор; 5 — зарядное устройство аккумуляторной батареи; 6 — панель с пневматическими аппаратами; 7 — воздушный резервуар; 8 — главный воздушный резервуар; 9 — токоприемник; 10 — вспомогательный воздушный резервуар; 11 — главный воздушный резервуар; 12 — резервуар главного выключателя; 13 — главный выключатель; 14 — главный выключатель; 15 — блок разрядника; 16 — главный выключатель; 17 — главный выключатель; 18 — главный выключатель; 19 — главный выключатель; 20 — главный выключатель; 21 — главный выключатель; 22 — главный выключатель; 23 — главный выключатель; 24 — главный выключатель; 25 — главный выключатель; 26 — главный выключатель; 27 — главный выключатель; 28 — главный выключатель; 29 — главный выключатель; 30 — главный выключатель; 31 — главный выключатель; 32 — главный выключатель; 33 — главный выключатель; 34 — главный выключатель; 35 — главный выключатель; 36 — главный выключатель; 37 — главный выключатель; 38 — главный выключатель; 39 — главный выключатель; 40 — главный выключатель; 41 — главный выключатель; 42 — главный выключатель

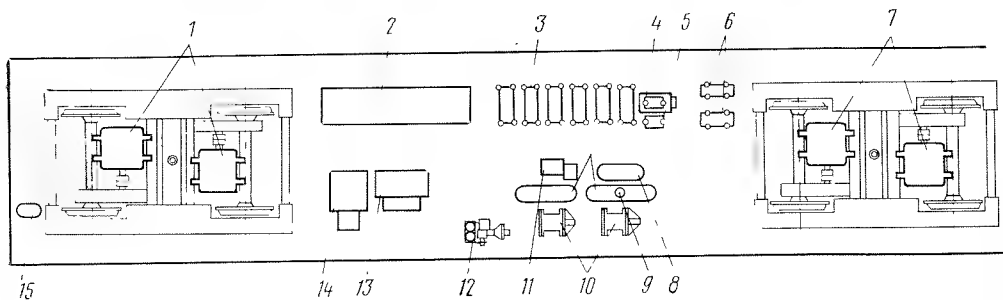


Рис. XIV-12. Расположение оборудования под кузовом моторного вагона электропоезда ЭР2: 1, 7 — тяговые двигатели; 2 — камера с аппаратами; 3 — пусковой резистор; 4 — демпферный резистор; 5 — резисторы ослабления поля; 6 — индуктивные шунты; 8 — резервуар давления; 9 — дифференциальное реле; 10 — тормозные цилиндры; 11 — инерционный регулятор; 12 — электровоздухораспределитель; 13 — ящик с электропневматическими контакторами; 14 — быстродействующий выключатель; 15 — резервуар токоприемника

торного вагона. На прицепном вагоне электропоездов ЭР1 и ЭР2 располагают мотор-компрессор со всей необходимой аппаратурой, аккумуляторную батарею с системой зарядки, некоторую защитную и другую аппаратуру.

Электропоезд ЭР22. Принципиальным отличием расположения оборудования на электропоезде ЭР22 от рассмотренного выше является то, что на нем все электрооборудование размещено в головном вагоне, который является моторным. Основная электрическая аппаратура, смонтированная в виде крупных блоков, размещена в подвагонных ящиках и частично во внутренних вагонных шкафах. Пуско-тормозные релостаты, токоприемники и разрядники расположены на крыше. Моторный вагон полностью автономен.

XIV-4. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕПЛОВОЗАХ

Особенности расположения оборудования на тепловозах. Выбирая вариант расположения оборудования на тепловозе, руководствуются теми же принципами, что и при расположении оборудования на электропоезде. При этом можно применить те же варианты расположения ПУ. Если предусмотрен один ПУ, он, как правило, расположен несимметрично относительно вертикальной оси тепловоза. Величина смещения ПУ от оси симметрии зависит от длины силовой установки.

Для улучшения санитарно-гигиенических условий труда локомотивной бригады ПУ и машинное помещение стремятся расположить на максимально возможном удалении друг от друга.

Наличие крупногабаритных узлов (силовая установка, холодильник для воды и масла и др.) практически исключает возможность иметь центральный проход в кузове тепловоза. Расположение проходов на тепловозе двустороннее. Если силовая установка покрыта капотом (а не помещена в кузов), ее обслуживание осуществляется со специальных площадок, расположенных вдоль силовой установки по обе стороны.

На маневровых тепловозах часто предусматривают площадки по торцам.

Высоковольтную электроаппаратуру на тепловозах монтируют в высоковольтной камере.

Тепловоз ТЭ3. Тепловоз выпускался с несколькими вариантами расположения оборудования. На рис. XIV-13 показан вариант расположения оборудования на тепловозах, выпущенных после 1957 г. Тепловоз ТЭ3 — двухсекционный. Расположение оборудования в секциях аналогичное. Тепловозы позднего выпуска имеют кабины машиниста с улучшенной звуковой изоляцией, особенно со стороны машинного помещения.

Силовая установка помещена в средней части кузова, а холодильник в задней части секции. В отличие от тепловоза ТЭ2 двухмашинный агрегат расположен под постом управления. Барабаны маслоподогревателя и топливоподогревателя размещены в два ряда. С 1962 г. тепловозы выпускаются без котла для обогрева. На его месте монтируют противопожарные установки. Аккумуляторные батареи находятся под полом машинного помещения.

Расположение оборудования на тепловозе ТЭ7 такое же, как и на тепловозах ТЭ3, выпущенных после 1957 г.

Тепловозы ТЭП10Л и 2ТЭ10Л. Они спроектированы на базе тепловоза ТЭ3 и имеют унифицированные с ним крупные узлы и агрегаты (узлы дизеля, главная рама, части кузова, тележки, ряд вспомогательного оборудования и др.). Поэтому принципиально расположение оборудования на этих тепловозах не отличается от расположения оборудования на ТЭ3. При размещении отдельных вспомогательных агрегатов и устройств учтен опыт эксплуатации тепловозов ТЭ3 и ТЭ7.

Кабины машиниста установлены на раме кузова на резиновых амортизаторах.

Тепловоз М62. Тепловоз М62 односекционный, с двумя постами управления (рис. XIV-14). Силовая установка расположена на главной раме посередине кузова на амортизаторах. Двухмашинный агрегат, однокорпусный агрегат с приводами и вентиляторы для охлаждения генератора

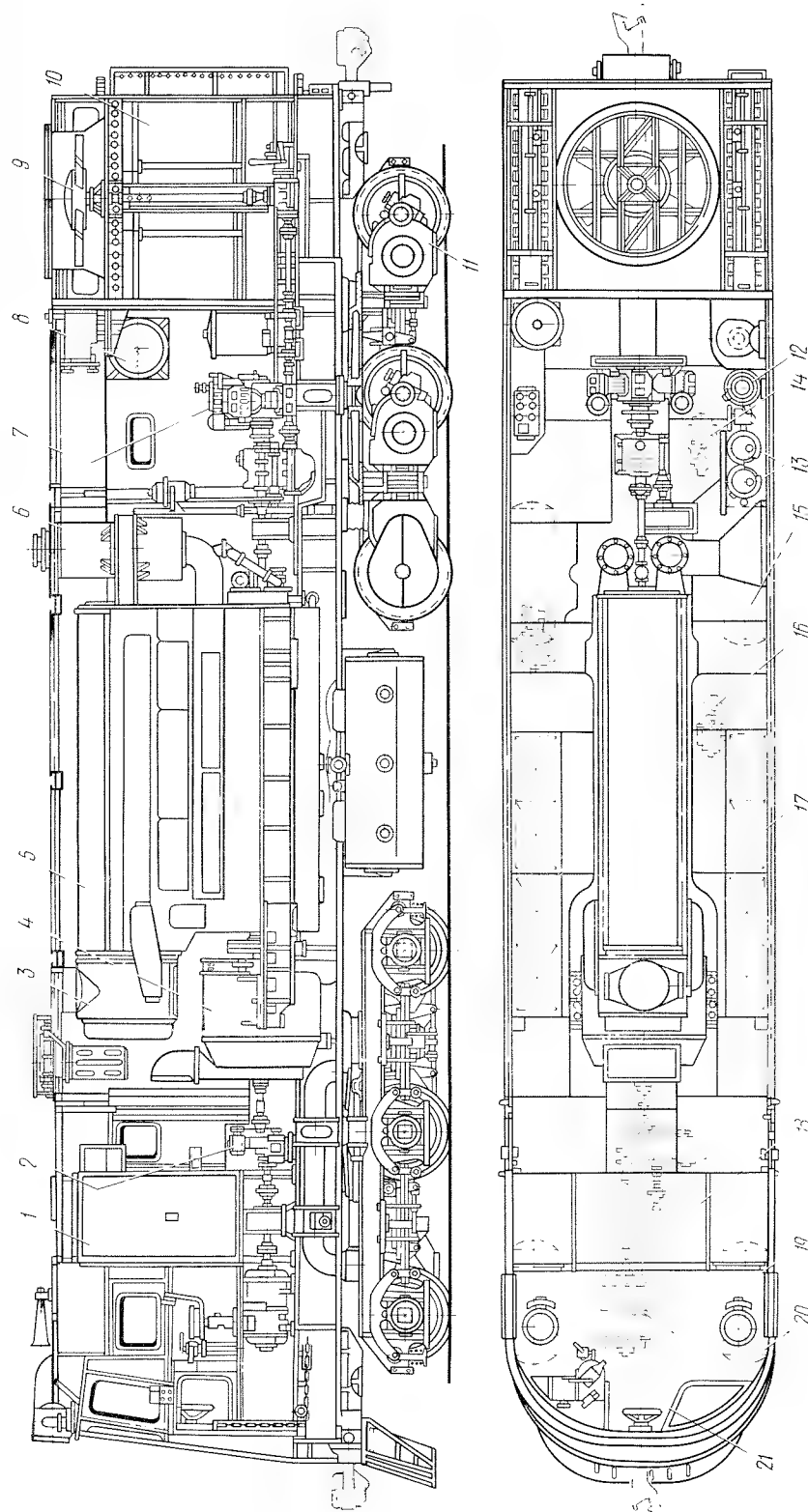


Рис. XIV-13. Расположение оборудования на тепловозе ТЭ3:

1 — высоковольтная камера; 2 — тахогенератор; 3 — привальная воздуховодка; 4 — генератор; 5 — дизель; 6 — глушитель; 7 — компрессор; 8 — вентилятор машинного помещения; 9 — вентиляционное колесо холодильника; 10 — холодильник; 11 — тяговый двигатель; 12 — котел обогрева; 13 — маслоподогреватель и топливоподогреватель; 14 — вспомогательный топливный насос; 15, 19 — главные воздушные резервуары; 16 — вспомогательный масляный насос; 17 — аккумуляторная батарея; 18 — вентилятор охлаждения тяговых двигателей; 20 — двухмашинный агрегат; 21 — мост управления

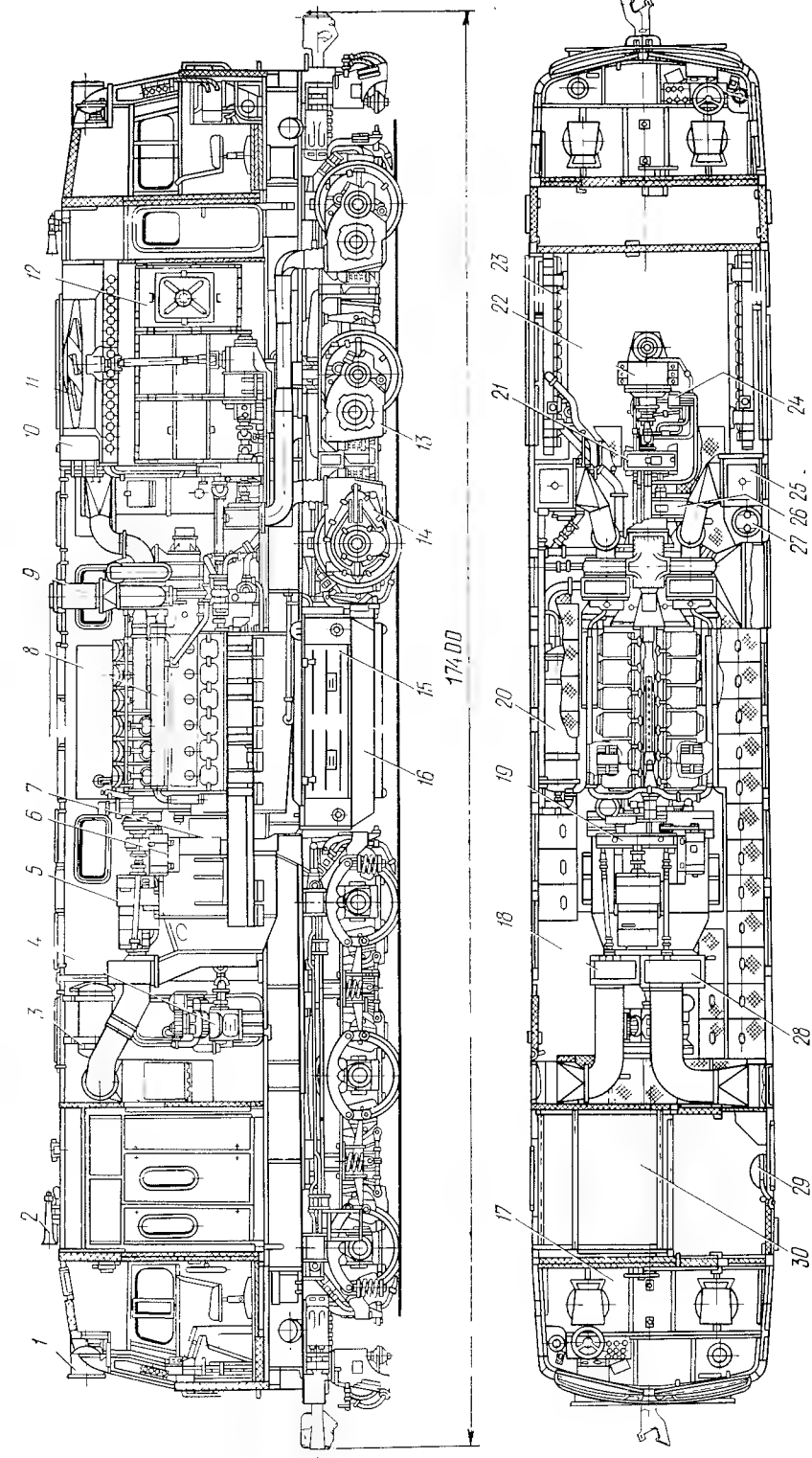


Рис. XIV-14. Расположение оборудования на тепловом М62.

1 — прожектор; 2 — тифон; 3 — противопожарный резервуар; 4 — компрессор; 5 — двухмашинный агрегат; 6 — бункер для песка (переднее); 7 — генератор; 8 — дизель; 9 — выхлопная труба; 10 — бак для воды; 11 — вентилятор холодильника; 12 — турбокомпрессор; 13 — топливный насос; 14 — аккумуляторная батарея; 15 — топливный бак; 16 — бак для топлива; 17 — бак для воды; 18 — бак для топлива; 19 — бак для топлива; 20 — бак для топлива; 21 — бак для топлива; 22 — бак для топлива; 23 — бак для топлива; 24 — бак для топлива; 25 — бак для топлива; 26 — бак для топлива; 27 — бак для топлива; 28 — бак для топлива; 29 — бак для топлива; 30 — бак для топлива.

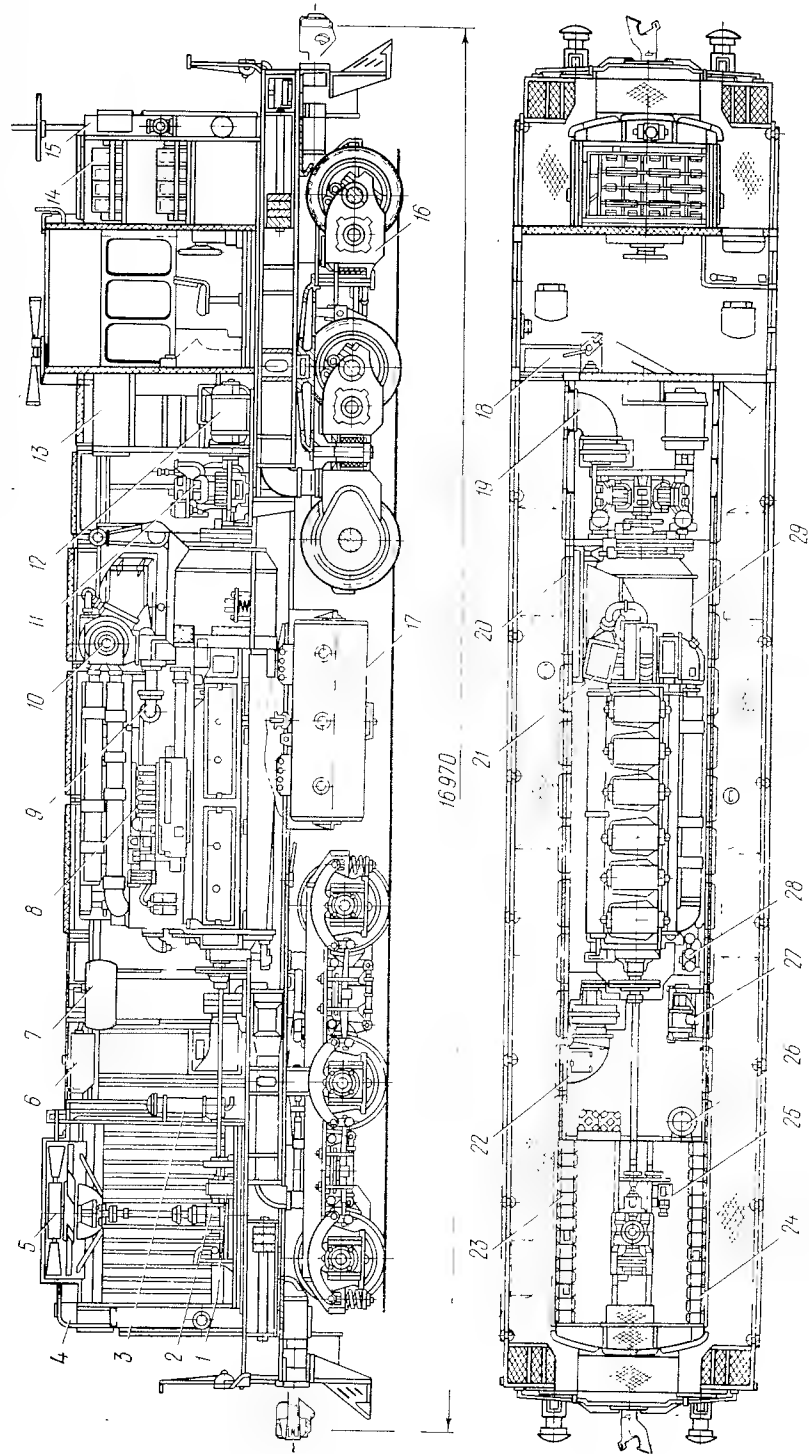


Рис. XIV-15. Расположение оборудования на тепловом ТЭМ2.

1 — двухрежимная коробка; 2 — редуктор вентилятора холодильника; 3 — фильтры тонкой очистки масла; 4 — бункер для песка (переднее); 5 — вентилятор; 6 — бак для воды; 7 — бак для масла; 8 — топливный насос; 9 — топливный насос; 10 — турбокомпрессор; 11 — компрессор; 12 — двухмашинный агрегат; 13 — бак для топлива; 14 — бак для топлива; 15 — бак для топлива; 16 — бак для топлива; 17 — бак для топлива; 18 — бак для топлива; 19 — бак для топлива; 20 — бак для топлива; 21 — бак для топлива; 22 — бак для топлива; 23 — бак для топлива; 24 — бак для топлива; 25 — бак для топлива; 26 — бак для топлива; 27 — бак для топлива; 28 — бак для топлива; 29 — бак для топлива.

и тяговых двигателей передней тележки смонтированы на остоле главного генератора. Холодильник размещен со стороны агрегатов воздухооборудования дизеля.

Между постами управления и машинным помещением имеются тамбуры, которые изолируют посты от шума и тепла, выделяемого дизелем. Через тамбуры можно снаружи попасть в машинное помещение. Вентиляцию дизельного помещения осуществляет специальный вентилятор, установленный на крыше тепловоза. Крыша над машинным отделением вместе с наклонными участками боковых стенок — съемная.

Тепловоз ТЭМ2. Оборудование тепловоза монтируют на главной раме (рис. XIV-15). Пост управления один. Кабина машиниста приподнята.

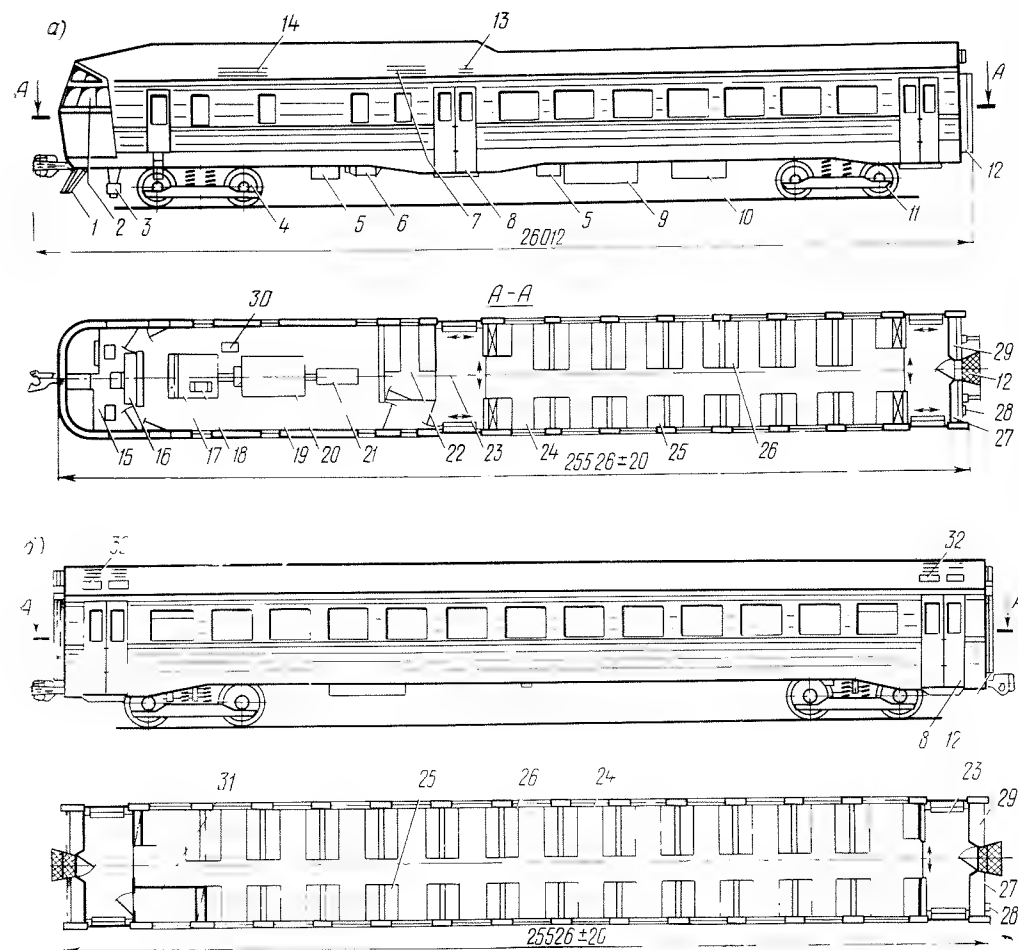


Рис. XIV-16. Расположение оборудования на моторном (а) и прицепном (б) вагонах дизель-поезда ДР1:

1 — путеочиститель; 2 — боковое зеркало; 3 — приемные катушки автоматической локомотивной сигнализации; 4 — тормозной диск; 5 — ящик для хранения канистр с маслами; 6 — главный воздушный резервуар; 7, 13 — жалюзи забора наружного воздуха для вентиляции вагона; 8 — входная раздвижная дверь; 9 — главный топливный бак; 10 — аккумуляторная батарея; 11 — тележка; 12 — упругая переходная площадка; 14 — радиаторы холодильника; 15 — кабина машиниста; 16 — шкаф для аппаратов управления; 17 — гидропередача; 18 — зарядный генератор; 19 — машинное отделение; 20 — главный дизель; 21 — вспомогательная дизель-электростанция; 22 — служебное отделение; 23 — тамбур; 24 — пассажирское отделение; 25 — двухместное сиденье; 26 — трехместное сиденье; 27 — шкаф с приводом ручного тормоза; 28 — розетка для подключения постороннего источника переменного тока; 29 — шкаф с электроаппаратами для управления вентиляцией; 30 — воздушный компрессор; 31 — санузел; 32 — жалюзи забора воздуха для вентиляции вагона

Основные электрические аппараты расположены в высоковольтной камере. Вход в высоковольтную камеру из кабины машиниста. Осмотр и обслуживание оборудования осуществляются через боковые двери и люки на крыше.

По расположению оборудования тепловоз ТЭМ1 принципиально не отличается от тепловоза ТЭМ2. На части тепловозов ТЭМ1 пост управления выполнен со скосом боковых стен.

XIV-5. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДАХ

К расположению оборудования на дизель-поездах предъявляются те же требования, что и к расположению оборудо-

вания на электропоездах. Теоретически на дизель-поездах можно применять все варианты расположения оборудования на электропоездах. Практически, наличие первичной силовой установки и системы обеспечения ее работы заставляют чаще использовать вариант расположения значительной части оборудования внутри вагона. Остальное оборудование при этом располагают под кузовом и на крыше того же вагона. На вагонах без силовой установки монтируют только то оборудование, которое обеспечивает создание микроклимата и необходимого комфорта в салоне для пассажиров (вентиляторы, климатические установки, устройства освещения и т. д.).

Дизель-поезд ДР1 состоит из двух моторных и двух прицепных вагонов. Силовая установка расположена в кузове (рис. XIV-16). Кабина машиниста находится в головной части моторного вагона. Проход в машинное отделение, где расположены главный и вспомогательный дизели, гидропередача, компрессор и другое оборудование — через дверь в кабине машиниста.

Между машинным помещением и пассажирским салоном расположены служебное помещение и тамбур. Это позволяет уменьшить влияние шума и вибрации оборудования на пассажиров. Служебное помещение может быть оборудовано как почтовое, багажное отделение или буфет.

В пассажирском отделении моторного вагона и в салоне прицепного вагона расположены двух- и трехместные сиденья, в концевых тамбурах вагонов — шкафы управления вентиляцией, освещением и привод ручного тормоза. Между вагонами имеются упругие переходные площадки.

XIV-6. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПОСТАХ УПРАВЛЕНИЯ

Внутреннюю планировку поста управления выполняют таким образом, что машинист может вести наблюдение за окружающей обстановкой и хорошо просматривать путь и контактный провод, управлять локомотивом, использовать средства внешней и внутренней сигнализации и связи, контролировать работу основного оборудования.

Оптимальная рабочая зона горизонтальной панели пульта определяется нормальными радиусами действия рук человека (рис. XIV-17) и эффективным углом зрения, равным 30° . Предпочтительный вариант расположения отдельных функциональных устройств на пульте показан на рис. XIV-18. Пульт комплектуется так, что имеется возможность управлять локомотивом как сидя, так и стоя.

При выборе вариантов расположения на постах управления отопительных устройств, светильников и т. д. следует руководствоваться «Типовыми требованиями по технике безопасности и производственной санитарии для проектирования и по-

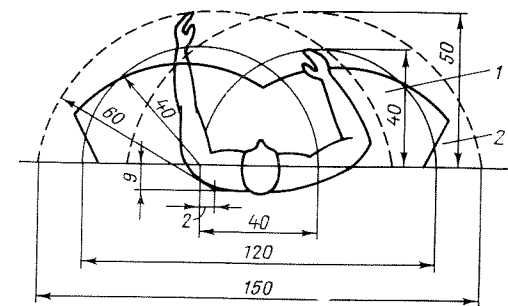


Рис. XIV-17. Оптимальная рабочая зона горизонтальной панели пульта управления: 1 — оптимальное рабочее пространство; 2 — функциональное рабочее пространство

стройке магистральных и маневровых электропоездов и тепловозов», согласованными с МПС и утвержденными МЭТП в 1965 г.

Площадь поста управления должна быть не менее $5,5 \text{ м}^2$, а отношение площади окон к площади пола не менее 0,4. Ширина подходов к креслам машиниста и его помощника должна быть не менее 300 мм, а проходов к дверям — не менее 500 мм. Светильники располагают так, чтобы искусственная освещенность на уровне пульта и приборов управления равнялась 20 лк.

Система отопления обеспечивает зимой среднюю температуру воздуха на посту управления (при закрытых окнах) $16-18^\circ \text{C}$ и перепад температуры воздуха на высоте 50—100 мм и 1,5—2 м от пола не выше $4-5^\circ \text{C}$.

На передних смотровых стеклах устанавливают стеклоочистители, перед боковыми окнами — предохранительные щитки. Панель с контрольно-измерительными приборами размещают под углом $30-45^\circ$ к вертикальной оси. Приборы, кнопки, сигнальные лампы на пульте группируют по принципу важности, частоты использования и взаимосвязанности при работе.

Рукоятка (штурвал) контроллера машиниста расположена слева впереди машиниста на высоте 750—900 мм от пола поста

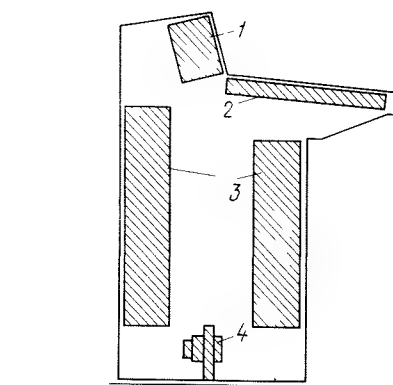


Рис. XIV-18. Компонировка пульта: 1 — элементы сигнализации; 2 — элементы управления; 3 — блоки аппаратов; 4 — разъемы

XV. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛОКОМОТИВОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

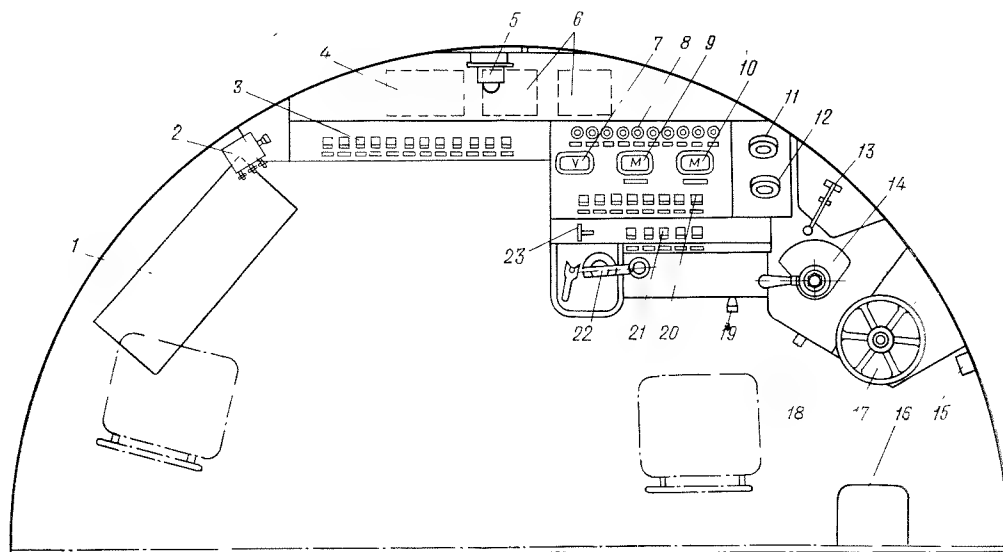


Рис. XIV-19. Расположение оборудования на посту управления электросекции ЭР2:

1, 6, 16 — электропечи; 2 — пульт управления радиотрансляционной установкой; 3 — выключатели вспомогательных цепей; 4 — клапан автостопа; 5 — светофор локомотивной сигнализации; 7 — вольтметр; 8 — сигнальная лампа; 9 — манометр магистралей; 10 — манометр тормозных цилиндров; 11 — скоростемер; 12 — электрические часы; 13 — рукоятка бдительности; 14 — тормозной кран; 15 — регулятор температуры; 17 — штурвал ручного тормоза; 18 — выключатель цепи управления; 19 — педаль управления тифоном; 20 — выключатели управления поездом; 21 — выключатели дверей и прожектора; 22 — контроллер машиниста; 23 — переключатель тормоза

управления, устройства управления тормозами — впереди справа.

Не допускается установка на посту управления агрегатов и устройств, из-

дающих в процессе работы шум. На рис. XIV-19 показан один из вариантов расположения оборудования на посту управления.

XV-1. ПАРК ЛОКОМОТИВОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Локомотивы и моторвагонный подвижной состав распределяют между дорогами, а для технического обслуживания приписывают к основным депо. Их также подразделяют на парки (рис. XV-1).

Локомотивы и моторвагонный подвижной состав, приписанные к дороге

(депо), не перечисленные в запас МПС и не переданные в аренду другим предприятиям и ведомствам, составляют парк локомотивов в распоряжении дороги (депо). В парк вне распоряжения дороги (депо) входят локомотивы, перечисленные в запас МПС и находящиеся в аренде у предприятий МПС и других министерств и ведомств.

Локомотивы дороги (депо), которые работают в других предприятиях по договорам, считаются находящимися в распоряжении дороги (депо).

Парк локомотивов и моторвагонного подвижного состава, находящийся в распоряжении дороги (депо), делят на эксплуатируемый и неэксплуатируемый, которые в свою очередь подразделяют на соответствующие группы. Перечисление локомотивов и моторвагонного подвижного состава из одной группы в другую производят после оформления специальных документов.

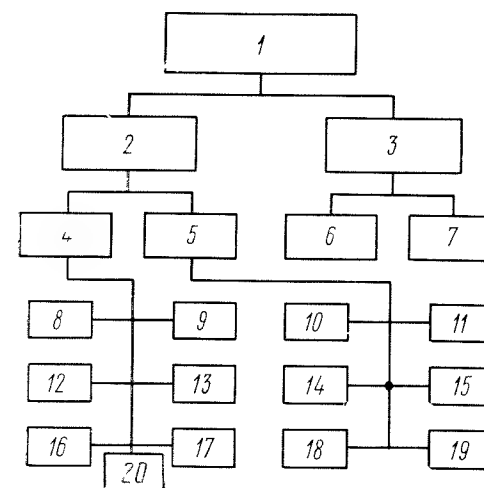


Рис. XV-1. Распределение локомотивов инвентарного парка по группам в зависимости от состояния и рода работы:

1 — парк инвентарный; 2 — парк в распоряжении дороги (депо); 3 — парк вне распоряжения дороги (депо); 4 — парк эксплуатируемый; 5 — парк неэксплуатируемый; 6 — запас МПС; 7 — аренда; 8 — резерв управления дороги; 8-13, 15-20 — локомотивы соответственно пассажирского движения (8); грузового движения (9); неисправные, включая находящиеся в подготовке в запас и резерв (10); находящиеся под оборудованием или на модернизации между плановыми ремонтами (11); хозяйственного движения (12); передаточные, вывозные и диспетчерские (13); исправные, находящиеся в перемещении, а также в процессе сдачи и приемки (15); специально маневровые (16); на прочих видах работы (17); используемые как стационарные установки (18); ожидающие исключения из инвентаря (19); временно отставленные по неравномерности движения (20)

XV-2. ЗАПАС ЛОКОМОТИВОВ МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ И РЕЗЕРВ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОГИ

Комплектование запаса Министерства путей сообщения и резерва управления дороги осуществляют соответственно по указанию руководства МПС и начальника дороги.

В запас МПС ставят электровозы, тепловозы и моторвагонный подвижной состав на срок до одного года. Увеличение этого срока может быть разрешено Главным управлением локомотивного хозяйства (ЦТ). Срок содержания локомотивов и моторвагонных поездов в резерве управления дороги зависит от их технического состояния и необходимости для эксплуатационной работы.

При постановке локомотивов и моторвагонного подвижного состава в запас или резерв соблюдаются следующие условия: пробег от последнего заводского или подъёмного ремонта у электровозов и электропоездов, перечисляемых в запас МПС, должен быть не менее 1000 и не более

100 000 км, у тепловозов и дизель-поездов соответственно 1000 и 10 000 км. Тепловозы, у которых мощность дизелей 1000 л. с. и более в секции, разрешается отставлять в запас МПС с пробегом в 500—1000 км от первого ремонта ТР после выпуска их из среднего, капитального или ТР-3 ремонта.

Прокат бандажей колесных пар у электровозов и тепловозов, перечисленных в запас МПС, не должен быть больше 2 мм и у моторвагонного подвижного состава — 3 мм. При оставлении их в резерве Управления дороги, а также после прохождения обкатки в период нахождения в запасе МПС прокат не должен превышать соответственно 3 и 4 мм.

Износ ответственных частей и деталей у локомотивов и моторвагонных поездов резерва управления дороги должен соответствовать допускам, предусмотренным Правилами текущего ремонта; ТР-1 (малого периодического ремонта).

Для поддержания в исправном состоянии локомотивов и моторвагонных поездов в период нахождения их в запасе МПС или резерва управления дороги выполняют следующие работы:

через каждые две недели проверяют сопротивление изоляции электрических машин; производят подзарядку аккумуляторной батареи (если она не снималась с локомотива) и проверяют плотность электролита в каждой банке;

не реже одного раза в три месяца передвигают локомотивы или моторвагонные поезда по путям базы, депо или станции для смены точек контакта роликов и беговых дорожек подшипников, проверяют тягу якоря вспомогательных машин вручную; один раз в год производят малую ревизию с лабораторным анализом смазки. При обнаружении отклонений меняют смазку и производят большую ревизию букс.

Кроме того, у тепловозов и дизель-поездов через каждые две недели проворачивают коленчатый вал дизеля на 2—3 оборота без прокачки масла и один раз в три месяца осматривают дизель, чтобы убедиться в отсутствии коррозии, а у электропоездов и дизель-поездов через каждые две недели проверяют состояние внутреннего оборудования прицепных вагонов.

По плану, утвержденному начальником дороги, но не реже одного раза в год локомотивам и моторвагонному подвижному составу, находящемуся в запасе МПС, производят обкатку с поездами или резервом на расстоянии 100—300 км, после чего их подвергают консервации.

Локомотивы и моторвагонный подвижной состав запаса МПС на дорогах содержатся на базах. В сроки, устанавливаемые начальником дороги, но не реже одного раза в год начальник службы локомотивного хозяйства осматривает состояние баз, а также локомотивов и моторвагонного подвижного состава, находящихся в запасе МПС, а начальник локомотивного отдела отделения дороги — в резерве управления дороги.

XV-3. ПОРЯДОК ПЕРЕДАЧИ ЛОКОМОТИВОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Локомотивы и моторвагонные поезда направляют на дороги с заводов и передают с дороги на дорогу только по указанию МПС вместе с технической документацией, инструментом, инвентарем и запасными частями. При передаче локомотивов, электропоездов и дизель-поездов с одной дороги на другую должны быть выполнены следующие условия.

Для локомотивов и моторвагонных поездов, передаваемых из запаса МПС и резерва управления дороги:

техническое состояние должно удовлетворять требованиям содержания в запасе МПС или резерве управления дороги; приемку представители дороги-получателя не производят;

за состояние отвечают лица, подписавшие акт о постановке в запас или резерв, а также начальник базы и начальник депо.

Для локомотивов и моторвагонных поездов, передаваемых из эксплуатации:

техническое состояние должно удовлетворять требованиям Правил технической эксплуатации (ПТЭ) и нормам при выпуске из малого периодического ремонта;

прокат бандажей колесных пар не должен превышать у локомотивов и моторных вагонов — 3 мм и прицепных вагонов — 4 мм;

необходимо провести в течение 1 ч реостатные испытания двигателей и генераторных установок тепловозов при различных нагрузках, из них в течение 20 мин с полной нагрузкой;

представители дороги-получателя должны обеспечить приемку и сопровождение локомотивов или моторвагонных поездов.

В отдельных случаях по указанию МПС дорога-отправитель обеспечивает сопровождение локомотивов и моторвагонных поездов и сдачу их на месте назначения представителем дороги.

Если локомотивы или моторвагонный подвижной состав передают после ремонта ТР-3 с пробегом более половины сетевой нормы, то следующий подъемочный ремонт ТР-3 оплачивает дорога, которая их передает. При обнаружении неисправностей по прибытии подвижного состава на место назначения дорога-отправитель направляет запасные части, материалы и оплачивает стоимость ремонта.

По прибытии в депо назначения локомотивы или моторвагонный подвижной состав в течение суток зачисляют в инвентарный парк и ставят об этом в известность дорогу или депо, с которой они отправлены для снятия с учета. До этого времени их числят в инвентарном парке дороги (депо) приписки в группе исправных, находящихся в перемещении.

Передачу локомотивов и моторвагонного подвижного состава оформляют актом установленной формы.

XV-4. ПОРЯДОК ПЕРЕСЫЛКИ ЛОКОМОТИВОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Локомотивы, получаемые от промышленности, перемещаемые с дороги на дорогу или в пределах дороги, направляются на место назначения одиночным порядком или сплотками. Электропоезда и дизель-поезда пересылают составами, секциями или отдельными вагонами. Одиночные локомотивы, которые направляются в ремонт, из ремонта или перемещаются в пределах участка обращения, пересылают, как правило, в действующем состоянии во главе поезда или резервом. В сплотке должно быть не более 10 двухсекционных или 20 односекционных электровозов и тепловозов, не считая ведущего локомотива. При этом нагрузка на путь должна быть не более 8,1 тс/м. Если локомотивы следуют в пределах одной дороги, то количество их в сплотке устанавливает начальник дороги. В том случае, когда локомотив пересылают в поездах в недействующем состоянии, его ставят вслед за ведущим локомотивом.

Для сопровождения локомотивов в недействующем состоянии администрация завода или депо выделяет проводников, которых снабжают сигнальными принадлежностями, тормозными башмаками, смазочными материалами и инструментом. Они должны при необходимости уметь пользоваться тормозными средствами на локомотивах, знать и выполнять правила безопасности для работников железнодорожного транспорта на электрифицированных участках.

До отправления локомотивов в недействующем состоянии с заводов их осматривают: представитель завода, инспектор-приемщик МПС или начальник отдела технического контроля (ОТК) и проводник. Если локомотивы передают из депо, то их осматривают: начальник депо, мастер, помощник участкового ревизора по безопасности движения на отделении дороги и проводник.

Локомотивы, принадлежащие промышленности, осматривают начальник депо или его заместитель и представитель предприятия.

XV-5. ИСКЛЮЧЕНИЕ ЛОКОМОТИВОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ИЗ ИНВЕНТАРЯ

Электровозы, тепловозы, моторные вагоны электросекций и дизель-поездов исключают из инвентарного парка, если: общая стоимость ремонта превышает 60% первоначальной их стоимости; рама кузова требует правки и частичной замены; эксплуатация, ремонт и модернизация не приняты в серию одиночных локомотивов экономически нецелесообразны.

Локомотивы и моторные вагоны, подлежащие исключению из инвентарного парка, осматривает комиссия, которая по результатам осмотра составляет акты уста-

новленных форм. Акты с заключением комиссии об исключении из инвентарного парка подписывает начальник дороги и направляет в МПС на утверждение министра или его заместителя. После утверждения актов локомотивы и вагоны электросекций и дизель-поездов исключают из инвентарного парка и сдают в металлолом. Отдельное оборудование и детали, которые могут быть использованы, снимают.

XV-6. ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Количественные показатели. Эти показатели определяют объем выполняемой работы локомотивами и моторвагонными поездами по перевозке грузов и пассажиров, технической работы железных дорог, ремонтных работ по отраслям хозяйства или выпуску продукции. К основным количественным показателям относят: локомотиво-километры, поездо-километры, локомотиво-часы и тонно-километры (нетто и брутто).

Локомотиво-километры определяют общий пробег локомотивов, который складывается из линейного, т. е. фактического пробега по перегонам, и условного пробега.

К линейному пробегу относят пробег локомотивов во главе поезда (в том числе пригородных, сборных, вывозных, передаточных, хозяйственных), в кратной тяге, при работе по системе многих единиц, в подталкивании (в хвосте или голове поезда), в одиночном следовании. Линейный пробег учитывают отдельно в зависимости от характера выполняемой работы и рода движения.

Условный пробег исчисляют из расчета 5 км за 1 ч использования локомотивов на маневровой и прочих вспомогательных работах и 1 км за 1 ч простоя их с бригадами или без бригад на станциях и в депо.

Пробег локомотивов, головных или моторных вагонов электропоездов и дизель-поездов во главе поездов называют линейным поездным пробегом и исчисляют в поездо-километрах. Он численно равен линейному пробегу локомотивов во главе поездов.

Если поезд обслуживают два локомотива, то поездо-километры начисляют только на один головной локомотив. Это условие относится также и к локомотивам, которые обслуживают сдвоенные поезда. При обслуживании поезда двумя локомотивами, соединенными для работы по системе многих единиц и управляемыми одной локомотивной бригадой, пробег второго локомотива относят к линейному пробегу и учитывают отдельно.

Пробег локомотивов, следующих своей тягой без вагонов или с прицепленными к ним вагонами, но не более 40 осей (на участках с уклонами не круче 15 ‰), а также локомотивов, которые пересылаются сплотками (включая и ведущий локомотив) или в поездах в нерабочем со-

тоянии, относят к пробегу одиночного следования. Пробег вторых локомотивов, работающих в двойной тяге (за исключением локомотивов, соединенных для управления по системе многих единиц), на подталкивании и в одиночном следовании называют вспомогательным линейным пробегом.

Локомотиво-часы определяют работу локомотивов по времени. Их различают по видам движения и роду работы.

Тонно-километры оценивают работу локомотивов и являются важнейшим показателем, характеризующим работу железнодорожного транспорта по перевозкам грузов.

Различают тонно-километры нетто, которые определяют как сумму произведенных количества перевезенного груза на определенное расстояние, и тонно-километры брутто, равные сумме произведений количества перевезенного груза и тары вагонов на некоторое расстояние.

Тонно-километры нетто различают: тарифные (их определяют при перевозке груза по кратчайшему расстоянию) и эксплуатационные — (по фактически пройденному расстоянию).

Качественные показатели. К качественным показателям использования локомотива в основном относят: средний вес поезда, скорость движения поезда, среднесуточный пробег и производительность локомотива. Эти показатели оказывают большое влияние на пропускную и провозную способность железнодорожных линий и снижение себестоимости перевозок.

Средний вес поезда. Средним весом поезда называют количество тонн груза, который в среднем приходится на один груженный поезд.

Различают средний вес поезда нетто Q_n , когда его определяют только по количеству перевезенного груза. Если же, кроме груза, учитывают вес тары вагонов, то его определяют как средний вес поезда брутто $Q_{бр}$.

Средний вес поезда

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n QL}{\sum_{i=1}^n nL},$$

где $\sum_{i=1}^n QL$ — тонно-километры (нетто или брутто);

$\sum_{i=1}^n nL$ — поезд-километры.

Средний вес поезда можно также определить через средний состав поезда и динамическую нагрузку:

$$Q_n = m_c P_{дин},$$

но

$$P_{дин} = P_{дин}^{гр} (1 - \alpha_n).$$

Следовательно,

$$Q_n = m_c P_{дин}^{гр} (1 - \alpha_n),$$

$$Q_{бр} = m_c [P_{дин}^{гр} (1 - \alpha_n) + q_T];$$

где m_c — средний состав поезда в осях;

$P_{дин}^{гр}$ — динамическая нагрузка на ось груженого вагона, тс;

$P_{дин}$ — динамическая нагрузка на ось рабочего вагона, тс;

α_n — коэффициент порожнего пробега вагонов (отношение порожнего пробега вагонов к общему линейному пробегу);

q_T — средний вес тары на ось вагона, тс.

Состав поезда зависит от рода и специализации вагонов и ограничивается длиной приемо-отправочных путей станции.

На величину среднего веса поезда также влияют и весовые нормы поездов, которые устанавливают в графике движения. Их определяют исходя из силы тяги локомотива, профиля пути, рода подвижного состава, степени использования кинетической энергии поезда и методов вождения поездов.

В практике для ускорения продвижения грузов, сокращения операций по реформированию поездов на станциях в большинстве случаев устанавливают единые унифицированные весовые нормы по всему направлению между станциями формирования. Их определяют на основании технико-экономических расчетов, подтверждающих целесообразность применения таких норм, несмотря на недоиспользование силы тяги локомотива и длины станционных путей на некоторых участках.

Для повышения унифицированных весовых норм применяют: отмену остановки поезда на некоторых раздельных пунктах, которые примыкают к ограничивающему перегону; разгонное толкание в пределах раздельного пункта; частичное толкание на перегоне с возвратом толкача обратно; толкание на целом перегоне или на ряде смежных перегонов; замену локомотивов на более мощные и применение двойной тяги на участках, ограничивающих весовую норму. Выбирают эти меры на основании тонно-километровой диаграммы, построенной для каждого направления.

Степень использования локомотива определяется коэффициентом использования силы тяги

$$\kappa_n = \frac{Q_{бр}}{Q_p},$$

где Q_p — расчетный вес поезда, установленный на основании тяговых расчетов и опытных поездов с учетом ограничений по нагреву обмоток тяговых двигателей и генератора.

Скорости движения поездов. Различают следующие скорости движения поездов:

ходовая — средняя скорость по перегонам без учета времени на разгон и замедление поезда;

техническая — средняя скорость по перегонам с учетом времени на разгон и замедление;

$$v_T = \frac{\sum_{i=1}^n nL}{\sum_{i=1}^n nT_{дв}},$$

где $\sum_{i=1}^n nL$ — поезд-километры;

$\sum_{i=1}^n nT_{дв}$ — поезд-часы, затрачиваемые на движение поезда.

При тяговом установившемся режиме

$$v_T = \frac{270 N_K}{Q(\omega'' + i) + P(\omega' + i)},$$

где N_K — мощность локомотива, л. с.;

P — сцепной вес локомотива, тс;

ω', ω'' — основные удельные сопротивления движению вагонов и локомотива, кгс/тс;

i — дополнительное удельное сопротивление от уклона и кривой, кгс/тс.

Норму технической скорости устанавливают в графике движения поездов. Ее определяют на основании расчета перегонных времен хода для локомотивов данного типа и серии и поездов установленного веса. Она является основным расчетным показателем, от которого зависит более полное использование тяговых средств, подвижного состава и ускорения перемещения вагонов;

участковая — средняя скорость между участковыми станциями

$$v_K = \frac{\sum_{i=1}^n nL}{\sum_{i=1}^n nT},$$

где $\sum_{i=1}^n nT$ — поезд-часы, затраченные на движение поезда и простои на промежуточных станциях.

Если известны техническая скорость v_T и простои поездов на промежуточных станциях $t_{пр}$, участковую скорость можно определить по формуле

$$v_K = \frac{v_T}{1 + \frac{t_{пр}}{L} v_T},$$

где $\frac{t_{пр}}{L} v_T$ — коэффициент потери скорости на участке.

Норма участковой скорости зависит от технической скорости и качества составления графика движения поездов, опреде-

ляемого коэффициентом участковой скорости:

$$\beta_K = \frac{v_K}{v_T};$$

маршрутная — средняя скорость между начальной и конечной станциями следования поезда. Для грузового поезда (при приближенных расчетах)

$$v_{мг} = \frac{v_K}{1 + \frac{A_T^B}{l_p} v_K},$$

или

$$v_{мг} = \frac{v_T}{1 + \frac{A_T^B + A_n^B}{l_p} v_T},$$

где A_T^B, A_n^B — суммарный простой вагона на технических и промежуточных станциях за оборот вагона, ч;

l_p — среднее расстояние, которое проходит вагон за время оборота, км;

$\frac{A_T^B + A_n^B}{l_p} v_T$ — коэффициент потери маршрутной скорости.

Для пассажирских и ускоренных поездов

$$v_{мп} = \frac{L}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{v_T} + \sum_{i=1}^n t_y + \sum_{i=1}^n t_{пр}},$$

где L — протяженность направления, для которого рассчитывают скорость, км;

$\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{v_T}$ — время поезда в движении на всем направлении, ч;

$\sum_{i=1}^n t_y$ — простои на участковых станциях, ч;

$\sum_{i=1}^n t_{пр}$ — простои на промежуточных станциях, ч.

Среднесуточный пробег. Линейный пробег в километрах, который приходится на один локомотив эксплуатируемого парка (без учета локомотивов, занятых на внепоездной работе и подталкивании) в среднем за сутки, называют среднесуточным пробегом:

$$s = \frac{24 \sum_{i=1}^n N_s}{\sum_{i=1}^n NT},$$

где $\sum_{i=1}^n N_s$ — линейный пробег всех локомотивов за рассчитываемый период (сутки, декада, месяц и др.), км;

$\sum_{i=1}^n NT$ — локомотиво-часы, затраченные локомотивами за этот период.

Среднесуточный пробег также можно определить по формуле

$$s = \frac{24}{\frac{1}{v_k} + \frac{A}{l}},$$

где A — средний простой локомотивов за сутки, ч;

l — пробег локомотивов за сутки, км.

Если известны протяженность участка и время оборота локомотива (полного или участкового), то

$$s = \frac{48l}{T},$$

где T — время оборота локомотива, ч.

Производительность локомотива. Основной показатель использования локомотива — его производительность:

$$M_c = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{бр} L}{N_3},$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{бр} L$ — тонно-километровая работа, выполненная локомотивами (с учетом одиночно следующих локомотивов);

N_3 — эксплуатируемый парк с учетом локомотивов одиночного следования и используемых на подталкивании и в двойной тяге.

Производительность локомотива можно выразить следующим образом:

$$M_c = \frac{Q_{бр} \sum_{i=1}^n n_i l}{N_{гр} + N_0 + N_{вт} + N_T},$$

где $N_{гр}$ — эксплуатируемый парк в грузовом движении с учетом локомотивов, обслуживающих передаточные и вывозные поезда;

N_0 , $N_{вт}$ и N_T — количество локомотивов соответственно одиночно следующих, работающих кратной тягой и занятых на подталкивании.

Производительность локомотива можно выразить через средний вес поезда и среднесуточный пробег локомотива:

$$M_c = Q_{ср} \cdot s \cdot \varphi,$$

где $Q_{ср}$ — средний вес поезда брутто; φ — коэффициент производительности, зависящий от удельного пробега локомотивов одиночного следования, а также локомотивов, используемых з кратной тяге и на подталкивании.

Коэффициент производительности

$$\varphi = (1 - \beta_T)(1 - \beta_{вт} - \beta_0),$$

где β_T — коэффициент подталкивания, который определяется как отношение количества локомотивов, занятых на подталкивании, к эксплуатируемому парку с учетом толкачей;

$\beta_{вт}$ — коэффициент двойной тяги, определяемый как отношение локомотиво-километров в двойной тяге к общему линейному пробегу без учета толкачей;

β_0 — коэффициент одиночного следования, определяемый как отношение пробега локомотивов в одиночном следовании к общему линейному пробегу без учета толкачей.

Подставляя значение φ в выражение для M_c , получим

$$M_c = Q_{бр} s (1 - \beta_T)(1 - \beta_{вт} - \beta_0).$$

XV-7. ОБОРОТ И СУТОЧНЫЙ БЮДЖЕТ ВРЕМЕНИ ЛОКОМОТИВА

При обслуживании локомотивов сменными бригадами различают полный и участковый обороты локомотива.

Полным оборотом называют время в часах, которое затрачивает локомотив на обслуживание одной пары поездов от момента отправления его со станции приписки до следующего отправления с этой же станции:

$$T = \frac{2 \sum_{i=1}^n l}{v_{ср.к} + a + \sum_{i=1}^n b_i + \sum_{i=1}^n c_i},$$

где $2 \sum_{i=1}^n l$ — двойная длина участка обращения локомотива, км;

$v_{ср.к}$ — средняя участковая скорость на участке, км/ч;

a — время нахождения локомотива на станции приписки, ч;

$\sum_{i=1}^n b_i$ — время нахождения локомотива в пунктах оборота, ч;

$\sum_{i=1}^n c_i$ — время нахождения локомотива на станциях смены (туда и обратно), ч.

Средний полный оборот локомотивов, приписанных к депо,

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T}{n_T},$$

где $\sum_{i=1}^n T$ — время, затраченное локомотивами на обслуживание всех поездов на участке или направлении за рассчитываемый период, ч;

n_T — количество полных оборотов всех локомотивов за тот же период.

При работе локомотивов на участках большой протяженности полный оборот локомотива в зависимости от условий работы на данном участке может значительно меняться. Поэтому величина его не характеризует уровень использования локомотива.

Участковым оборотом называют время, которое затрачивает локомотив для обслуживания одной пары поездов в пределах участка работы бригад:

$$T_y = \frac{\sum_{i=1}^n n_i T_{yi}}{n},$$

где $\sum_{i=1}^n n_i T_{yi}$ — время в локомотиво-часах, затраченное на обслуживание поездов;

n — количество рейсов локомотивов, проследовавших в оба направления. При двойной тяге n удваивают.

Коэффициент потребности в локомотивах, необходимый для обслуживания одной пары поездов,

$$K = \frac{T}{24},$$

где T — участковый оборот локомотивов, ч;

24 — количество часов в сутках.

Эксплуатационный парк локомотивов для обслуживания поездов

$$N_3 = K n.$$

Бюджет времени определяет затрату времени локомотива по элементам (в движении и во всех видах простоя) за сутки и служит показателем, характеризующим использование локомотива. Он выражается следующей зависимостью:

$$24 = \frac{1}{N_3} \left(\sum_{i=1}^n \frac{2l_i}{v_{ti}} n_i + \sum_{i=1}^n a n_i + \sum_{i=1}^n t_{пр} n_i + \sum_{i=1}^n b n_i + \sum_{i=1}^n c n_i \right),$$

где N_3 — эксплуатируемый парк;

$\sum_{i=1}^n \frac{2l_i}{v_{ti}} n_i$ — время нахождения всех локомотивов в движении, ч;

$\sum_{i=1}^n a n_i$ — время нахождения всех локомотивов на станции приписки, ч;

$\sum_{i=1}^n t_{пр} n_i$ — время нахождения всех локомотивов на промежуточных станциях, ч;

$\sum_{i=1}^n b n_i$ — время нахождения всех локомотивов на станциях оборота, ч;

$\sum_{i=1}^n c n_i$ — время нахождения всех локомотивов на станциях смены бригад, ч.

Время полезной работы, т. е. время нахождения локомотива за сутки в чистом движении,

$$t_{п} = \frac{1}{N_3} \sum_{i=1}^n \frac{2l_i}{v_{ti}} n_i.$$

XV-8. ГРАФИК ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЛОКОМОТИВАХ

График движения поездов. Основой организации движения поездов на железнодорожном транспорте является график движения поездов. Он объединяет и регламентирует работу всех подразделений железных дорог, связанных с движением поездов.

График движения поездов разрабатывают исходя из планируемого грузопотока, формирования поездов с учетом достижений передовых работников железнодорожного транспорта.

В графиках предусматривают обеспечение:

безопасности движения поездов по переездам и отдельным пунктам с максимально возможной скоростью;

быстрого и удобного перемещения пассажиров и груза;

наивыгоднейшего использования локомотивов и вагонов;

согласованности работы станций и прилегающих участков, наилучшего использования их пропускной способности;

установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных и поездных бригад;

согласованной работы всех станций, депо, экипировочных устройств, пунктов технического осмотра и других подразделений железных дорог, связанных с движением поездов.

Различают следующие графики движения поездов: однопутные, двухпутные и смешанные; парные и непарные, параллельные и непараллельные, обычные и пакетные.

Поезда в зависимости от рода и назначения перевозок разделяются: на пассажирские, грузо-пассажирские, ускоренные грузовые общесетевого расписания, грузовые участкового расписания, локомотивы и хозяйственные поезда.

Размеры движения грузовых поездов

$$n_{гр} = \frac{\Gamma_{гр} \kappa}{365 Q_{бр} \delta},$$

где $\Gamma_{гр}$ — грузовой поток в млн. т в год, нетто;

κ — коэффициент неравномерности перевозок;

δ — отношение веса состава нетто к весу брутто.

Количество поездов в сутки для перевозки 1 млн. т груза в год в зависимости от весовой нормы поезда, рода груза и коэффициента неравномерности движения можно определить по номограмме рис. XV-2.

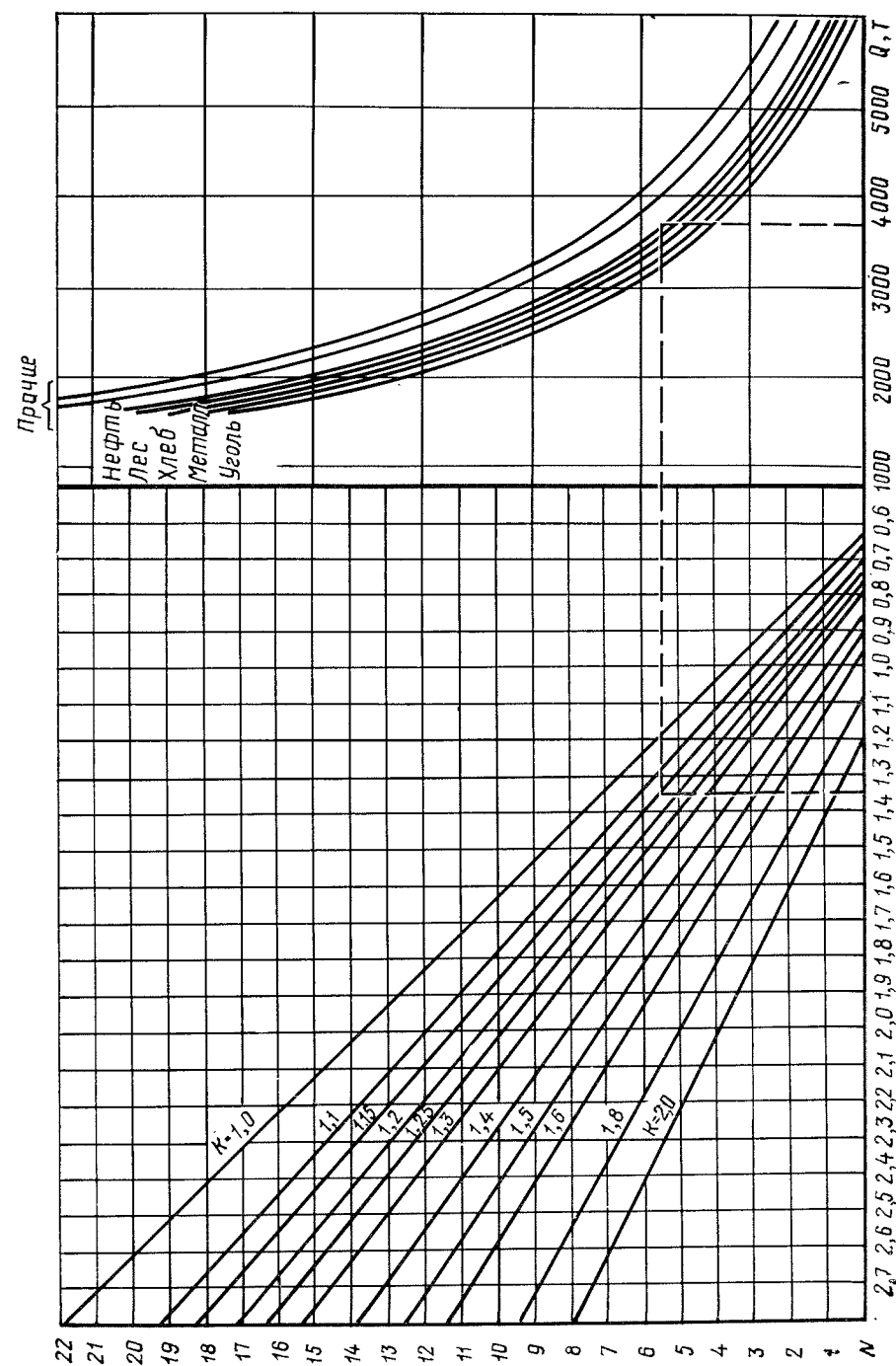


Рис. XV-2. Номограмма для определения количества поездов в сутки для перевозки 1 млн. т груза в зависимости от весовой нормы поезда, рода груза и коэффициента неравномерности

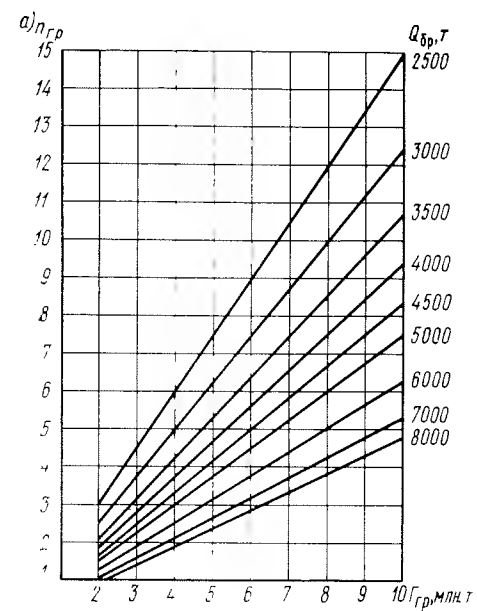
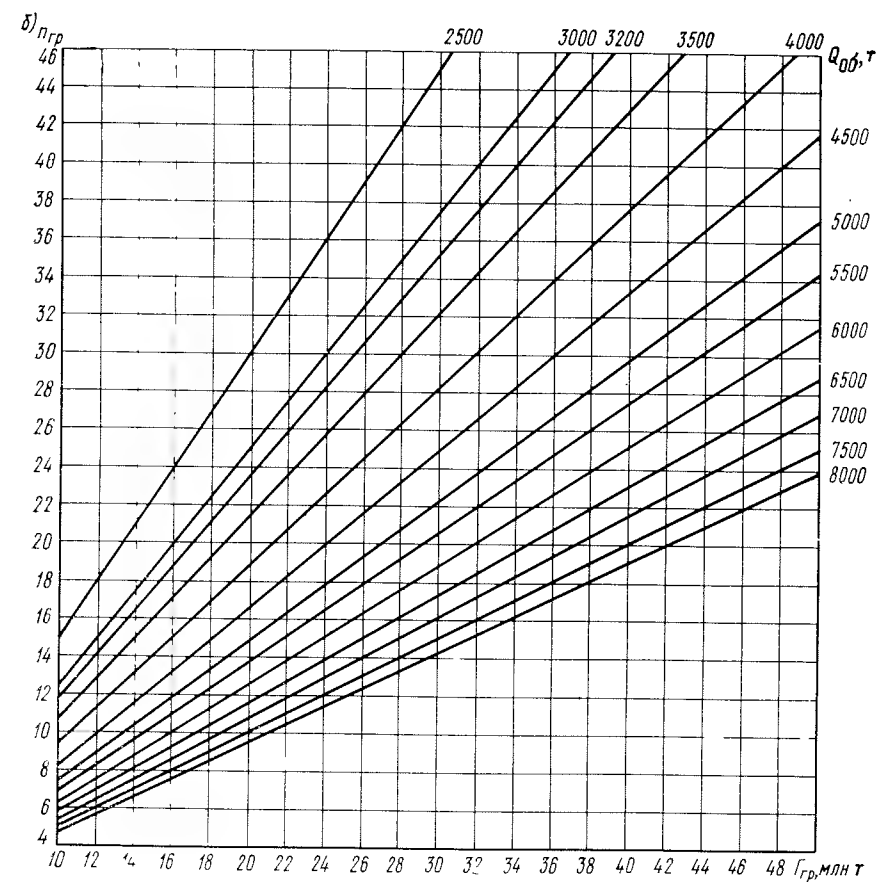


Рис. XV-3. Номограммы для определения среднесуточного количества грузовых поездов в зависимости от грузового потока и веса составов из четырехосных вагонов при $\gamma=1,0$:
а — для грузового потока от 2 до 10 млн. т; б — для грузового потока от 10 до 50 млн. т



Номограммы для определения среднего количества поездов при размерах грузового потока соответственно от 2 до 10 млн. т в год и от 10 до 50 млн. т в год при различных $Q_{бр}$ при $\gamma = 1,0$ приведены на рис. XV-3.

Весовые нормы поездов. Вес пассажирских поездов дальнего сообщения устанавливает МПС, а местных и пригородных поездов — начальник дороги. Для грузовых поездов, следующих по двум и более железным дорогам, весовые нормы поездов устанавливает МПС с учетом унификации их, как правило, по всему направлению.

Допускаемые скорости движения поездов. Скорость движения пассажирских и грузовых поездов по состоянию пути устанавливают для перегона и раздельного пункта в зависимости от типа рельсов, эпюры шпал, типа балласта и их состояния. Эти скорости устанавливают для каждой серии локомотива.

Кроме того, устанавливают постоянные и длительные (сроком действия более трех месяцев) предупреждения о снижении скорости движения по отдельным перегонам, километрам пути, искусственным сооружениям, а также перечень кривых, при следовании по которым необходимо снижать скорость. Допускаемые скорости устанавливают управления дорог и согласовывает Главное управление пути МПС.

Перегонные времена хода. Времена хода поездов определяют графическим построением кривых скорости и времени или с помощью электронно-вычислительных машин для локомотивов принятой серии и весовой нормы поездов в соответствии с требованиями Правил тяговых расчетов для поездов работы.

Кривые скорости и времени строят в двух вариантах с остановками поездов на всех раздельных пунктах и при проследовании их без остановок с учетом установленных допускаемых скоростей по состоянию пути и конструктивной скорости локомотивов. Разница во времени при проследовании поездов с остановками и без остановок показывает время на разгон и замедление поезда по каждому раздельному пункту. При разработке графика движения поездов обеспечивают наилучшее использование пропускной способности перегонов.

Определение потребности в локомотивах и показателей работы локомотивов по графикам движения поездов. Для определения показателей работы локомотивов в пределах участков работы бригад по депо приписки, в границах отделений и в целом по дороге составляют ведомости оборота и расчетные ведомости работы локомотивов.

До составления ведомостей для каждого участка обращения локомотивов определяют дополнительное время работы бригад и устанавливают нормы простоя электровозов и тепловозов на станциях основного депо, в пунктах смены бригад и оборота локомотивов. На участках обращения большой протяженности локомотивы работают в пределах нескольких отде-

лений и даже дорог. Поэтому при определении потребности в локомотивах и показателей их работы локомотиво-километры и локомотиво-часы, затраченные на движение поездов и простои локомотивов на станциях, относят по отделениям, на которых локомотивы работают.

Для определения потребности в локомотивах и показателей их работы по графикам движения составляют ведомости по установленным МПС формам. При определении потребности в локомотивах, используемых в пассажирском движении, и показателей их работы, составляют расчетные ведомости, аналогичные ведомостям для грузового движения. При небольших размерах движения пассажирских поездов составляют графики работы пассажирских локомотивов.

Если часть пассажирских поездов обрабатывается не ежедневно, графики работы локомотивов составляют на определенный период, после которого цикл работы локомотивов повторяется.

XV-9. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА И ОТДЫХА ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

Порядок работы и отдыха локомотивных бригад установлен Положением о рабочем времени и времени отдыха работников железнодорожного транспорта и метрополитена, утвержденного Государственным комитетом Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы и Секретариатом ВЦСПС от 2 ноября 1960 г. № 1249/28.

Время начала и окончания работы. Началом работы локомотивных бригад является момент явки их к постоянному месту работы по расписанию, наряду или вызову. Окончанием работы служит момент сдачи локомотива или моторвагонного поезда в депо или пункте смены бригад. Если бригада была вызвана в поездку, которая по каким-либо причинам не состоялась, то окончанием работы является момент освобождения бригады начальником депо, его заместителем, дежурным по депо или пункту смены.

Время, которое затрачивает бригада на следование от депо или пункта смены к месту приема локомотива, а также на возвращение обратно после сдачи локомотива, считают рабочим временем и оплачивают из расчета ставки повременщика.

Время на приемку и сдачу локомотива и моторвагонного поезда устанавливает администрация депо и согласовывает с профсоюзной организацией.

Рабочее время локомотивных бригад. Для локомотивных бригад, обслуживающих грузовые и пассажирские поезда, продолжительность непрерывной работы в один или в оба конца устанавливают по графикам движения поездов, и, как правило, она не должна превышать 7—8 ч. В отдельных случаях, когда в графике невозможно выполнить это требование, по согласованию с ЦК профсоюза рабочих железно-

дорожного транспорта разрешается удлинить непрерывную работу, но не более чем до 12 ч. В дальнейшем администрация обязана принимать меры к ее сокращению.

При стихийных бедствиях и чрезвычайных обстоятельствах начальник отделения дороги может увеличить продолжительность непрерывной работы, но при этом немедленно принять меры к смене бригады.

Для локомотивных бригад и других работников, занятых на круглосуточной сменной работе, составляют график с указанием начала и окончания работы. Продолжительность непрерывной работы в графике не должна превышать 8 ч, а по согласованию с ЦК профсоюза рабочих железнодорожного транспорта — 12 ч.

Локомотивным бригадам, занятым на некоторых видах работы, например обслуживании пригородного движения, при продолжительности следования в один конец менее 4 ч можно предоставлять не более двух перерывов длительностью не менее 1 ч каждый, которые бригады могут использовать по своему усмотрению. В этом случае время работы бригады за сутки не должно превышать установленную продолжительность рабочего дня, а время непрерывного отдыха в основном пункте должно быть не менее 12 ч.

Месячная норма времени локомотивных бригад в обычный год

$$t_m = \frac{1}{12} [t_d (312,86 - d') - \Delta t_d (52,14 - d'')];$$

в високосный год

$$t_m^v = \frac{1}{12} [t_d (313,71 - d') - \Delta t_d (52,29 - d'')],$$

где t_d — установленная продолжительность рабочего дня, ч;

d' , d'' — количество соответственно праздничных и предпраздничных дней в году, которые не совпадают с выходными и предвыходными днями;

Δt_d — время, на которое сокращается нормальная продолжительность рабочего дня в предвыходные и предпраздничные дни, ч;

312,86 и 313,71 — количество рабочих дней соответственно в обычном и високосном году;

52,14 и 52,29 — количество выходных дней соответственно в обычном и високосном году.

Расчетная среднемесячная норма выработки в настоящее время составляет 174,6 ч. Действующим положением допускается превышение нормы выработки (сверхурочная работа) не более 24 ч в месяц и в течение года не более 120 ч.

Основное время работы локомотивной бригады за поездку в оба конца, т. е. время нахождения ее на участке с момента отправления локомотива с поездом или резер-

вом с начальной станции до момента прибытия бригады на эту станцию

$$t_{ос} = \frac{2l}{v_{к. ср}}$$

или

$$t_{ос} = \frac{2l}{v_{т. ср}} + \Sigma t_{пр},$$

где l — протяженность участка, на котором работает бригада, км;

$\Sigma t_{пр}$ — простои на промежуточных станциях, ч.

Основное рабочее время бригады за месяц

$$t_{осм} = \frac{2l_{ср} m}{v_{к. ср}}$$

или

$$t_{осм} = \frac{L_{бм}}{v_{к. ср}},$$

где $l_{ср}$ — средняя протяженность участка работы бригады в течение месяца, км;

m — количество поездок бригады за месяц;

$L_{бм}$ — линейный пробег локомотивов в течение месяца работы бригады, км.

К вспомогательному времени работы бригады относится время, затрачиваемое на подготовку локомотива к поездке и сдаче его по прибытии на станцию основного депо, пункта оборота и смены бригад, время участия локомотивной бригады в плановых ремонтах и прочее время, затрачиваемое бригадой на выполнение заданий администрации (сопровождение локомотива на завод, приемка его с завода и т. п.), а также на следование бригады для приемки локомотива и возвращение обратно к месту постоянной работы.

Организация отдыха локомотивных бригад. Общее время отдыха локомотивных бригад должно быть не менее:

в течение месяца

$$t_{м. min} = 24 \Phi_m - (\tau_m + 24);$$

в течение года

$$t_{г. min} = 24 \Phi_g - (\tau_g + 120),$$

где Φ_m и Φ_g — количество календарных дней соответственно в месяце и в году;

τ_m и τ_g — норма рабочих часов соответственно в месяце и в году;

24 и 120 — максимальное число сверхурочных часов соответственно за месяц и за год.

Локомотивным бригадам по месту постоянной работы предоставляется еженедельные выходные дни равномерно в течение месяца в любой день недели. В исключительных случаях допускается предоставлять дни отдыха сразу за две рабочих недели, но не более.

Продолжительность еженедельного отдыха

$$t_{от} = t'_{от} \div 24 \text{ ч.}$$

где $t'_{от}$ — отдых после поездки, ч;
24 — дополнительное время отдыха, ч.

Во всех случаях время еженедельного отдыха должно быть не менее 42 ч.

Отдых после поездки бригадам предоставляют в пункте постоянной работы, пункте смены бригад, а при раздробленном рабочем дне и на промежуточных пунктах. Продолжительность этого отдыха

$$t'_{от} = 2,51 t_p,$$

где t_p — время работы бригады за поездку в оба конца;

2,51 — коэффициент, получаемый делением недельной нормы часов отдыха в рабочие дни на недельную норму часов рабочего времени ($103 : 41 = 2,51$).

Продолжительность отдыха бригад в пункте оборота локомотивов или пункте смены бригад должна быть не менее половины времени, которое бригада работала до отдыха, и, как правило, не превышать времени работы за поездку из основного пункта до пункта смены бригады.

Время нормального домашнего отдыха при работе бригады с отдыхом в пункте смены

$$t_{от} = 2,51 t_p - t'_{см},$$

где $t'_{см}$ — время отдыха бригады в пункте смены.

Если продолжительность отдыха в пункте постоянной работы превысила норму, то после следующих поездок в другие дни этого же месяца соответственно уменьшают время домашнего отдыха, но не более чем на $1/4$ нормальной продолжительности, при этом отдых не должен быть менее 12 ч. Вызывать бригаду на работу, которая отдыхала менее 12 ч, можно только при стихийных бедствиях.

Таким образом, время отдыха в пункте постоянной работы, которое можно предоставлять бригаде

$$t_{от} = (0,75 \div 1) (2,51 t_p - t'_{см}) \geq 12.$$

При работе бригады без отдыха в пункте смены время отдыха ее в основном пункте

$$t_{от} = (0,75 \div 1) 2,51 t_p.$$

Локомотивным бригадам, обслуживающим пригородные поезда, когда следование поезда до конечного пункта не превышает 4 ч, может предоставляться отдых в специально оборудованных помещениях пункта оборота или на конечной станции следования поезда. При многократном обороте пригородного поезда отдых продолжительностью не менее 1 ч может быть предоставлен в основном пункте, который в этом случае является пунктом оборота.

XVI. БОРЬБА С ШУМОМ И ВИБРАЦИЯМИ НА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ И ТЕПЛОВОЗАХ

XVI-1. ИСТОЧНИКИ ШУМА И ВИБРАЦИИ НА ЛОКОМОТИВАХ

Шум и вибрация на локомотивах отрицательно влияют на работоспособность локомотивных бригад, а также на долговечность и надежность отдельных узлов локомотива. В кабину машиниста воздушный шум проникает через неплотности, зазоры и отверстия в дверях и окнах, через слабые уплотнения отверстий в стенках и в полу, предназначенных для коммуникационных элементов, а также вследствие наличия известной звукопроводности ограждений кабины.

Структурный шум распространяется путем передачи колебаний от колес и работающего оборудования металлическому кузову локомотива.

Шумы на локомотиве по месту расположения их источников условно делятся на три группы: шумы, возникающие в ходовых частях I локомотива (рис. XVI-1); шумы — от ряда аппаратов и устройств, расположенных в кабине управления II; шумы от источников, расположенных в машинном отделении и высоковольтной камере III локомотива.

Шум от колесных пар вызывается взаимодействием неровностей бандажа и по-

верхностей головок рельсов при качении, а также скольжении колеса по рельсу в продольном и поперечном направлениях.

Колебания бандажа и центра колеса порождают шум с уровнем до 120 дБ, имеющий широкополосный спектр. Шум от приводов при низких скоростях и больших нагрузках может оказаться более сильным, чем шум от качения колес по рельсам.

Источником значительного шума на тепловозе является силовая установка: шум дизеля на расстоянии 0,5 м при работе под нагрузкой при наибольшей частоте вращения составляет 119—120 дБ. Шум от выхлопа газов тепловозного дизеля на расстоянии 1 м достигает величины 120 дБ.

Из вспомогательных машин на электровозе мощным источником шума являются вентилятор и компрессор. На электровозе ВЛ10 уровень шума вентилятора на расстоянии 0,5 м составляет 109—111 дБ, а компрессора — 108 дБ. Для проведения мероприятий по снижению общего уровня шума и вибрации большое значение имеет определение компонентов воздушного и структурного шума. Общий уровень шума определяют путем энерге-

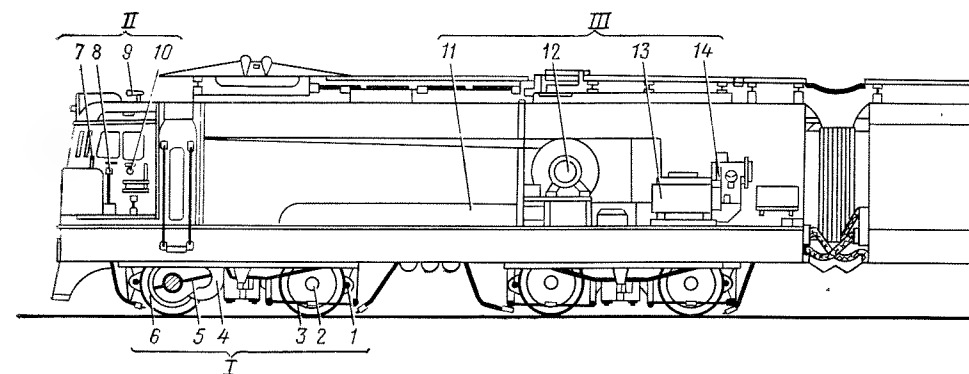


Рис. XVI-1. Источники шума на электровозе ВЛ10:

I—III группы источников шума; 1 — тормозная колодка; 2 — буксы с роликовыми подшипниками; 3 — тормозные тяги; 4 — тяговый двигатель; 5 — зубчатый привод; 6 — колесная пара; 7 — измеритель скорости; 8 — кран машиниста; 9 — тифон; 10 — сигнальные каналы; 11 — вентиляционные каналы; 12 — мотор-вентилятор; 13 — мотор-генератор; 14 — мотор-компрессор

тического суммирования основных составляющих.

На электровозах постоянного тока общий уровень шума

$$L_{\text{общ}} = 10 \lg (10^{0,1L_{\text{КВ}}} + 10^{0,1L_{\text{КС}}} + 10^{0,1L_{\text{ВВ}}} + 10^{0,1L_{\text{ВС}}}) \text{ дБ},$$

где $L_{\text{КВ}}$, $L_{\text{ВВ}}$ — уровень воздушного компонента шума в кабине, создаваемого соответственно качением колесной пары и вентилятором;

$L_{\text{КС}}$, $L_{\text{ВС}}$ — уровень структурного компонента шума в кабине, создаваемого соответственно качением колесной пары и вентилятором.

На электровозах переменного тока общий уровень шума

$$L_{\text{общ}} = 10 \lg (10^{0,1L_{\text{ТВ}}} + 10^{0,1L_{\text{ТС}}} + 10^{0,1L_{\text{ВВ}}} + 10^{0,1L_{\text{ВС}}} + 10^{0,1L_{\text{КВ}}} + 10^{0,1L_{\text{КС}}}) \text{ дБ},$$

где $L_{\text{ТВ}}$ и $L_{\text{ТС}}$ — уровень соответственно воздушного и структурного компонента шума в кабине, создаваемого трансформатором.

На тепловозах общий уровень шума

$$L_{\text{общ}} = 10 \lg (10^{0,1L_{\text{ДВ}}} + 10^{0,1L_{\text{ГВ}}} + 10^{0,1L_{\text{ДС}}} + 10^{0,1L_{\text{КВ}}} + 10^{0,1L_{\text{КС}}}) \text{ дБ},$$

где $L_{\text{ДВ}}$, $L_{\text{ГВ}}$ — уровень воздушного компонента шума в кабине, создаваемого дизелем и выхлопом дизеля;

$L_{\text{ДС}}$ — уровень структурного компонента шума в кабине, создаваемого дизелем.

XVI-2. НОРМИРОВАНИЕ ШУМА И ВИБРАЦИИ

Для нормирования шума в кабинах машиниста локомотивов введен отраслевой стандарт ОСТ.24.040.01, по которому с 1970 по 1972 г. в кабинах локомотивов уровень шума ограничивался нормировочной кривой № 80 (рис. XVI-2), а с января 1972 г. — нормировочной кривой № 75.

Стандартом предусмотрена периодическая проверка серийно выпускаемых локомотивов по нормам шума, а также условия испытания локомотивов.

Отраслевым стандартом ОСТ.24.050.18 с 1973 г. уровни шума в кабинах машини-

ста моторных вагонов электро- и дизель-поездов и автомотрис ограничиваются нормировочной кривой № 75. Наружный шум локомотива на расстоянии 3,5 м должен ограничиваться кривой № 80 в полосах со среднегеометрическими частотами 500, 1000 и 2000 Гц.

Оценка вибрации на рабочих местах обслуживающего персонала производится согласно «Санитарным нормам по ограничению вибрации на рабочих местах для обслуживающего персонала и пассажиров в подвижном составе железнодорожного транспорта», утвержденным Министерством здравоохранения СССР в 1975 г. [2].

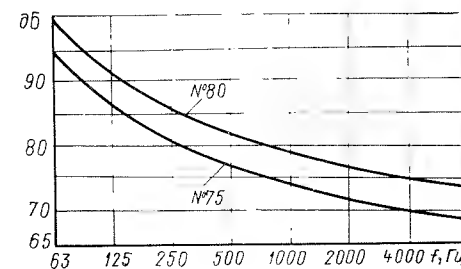


Рис. XVI-2. Допустимые уровни шума в кабине машиниста локомотивов ОСТ. 24.040.01

Санитарными нормами установлены предельно допустимые величины вибрации на рабочих местах для обслуживающего персонала и для пассажиров во вновь строящемся подвижном составе железнодорожного транспорта.

Нормируемыми величинами являются амплитудные значения колебательной скорости и повторяемости (распределение) ее амплитуд во времени для каждой частоты.

Повторяемость амплитуд колебательных скоростей для каждой частоты определяется формулой:

$$P_K = \frac{n_K}{n} 100\%,$$

где n_K — количество амплитуд колебательных скоростей, приходящееся на каждый K -й интервал в измеряемом промежутке времени, содержащем не менее 100 колебаний для каждой частоты;

n — суммарное количество амплитуд скоростей данной частоты в измеряемом промежутке времени.

Параметры измеренных колебаний не должны превышать допустимых величин, указанных в «Санитарных нормах».

Существуют также инженерно-технические нормы ограничения вибрации. Согласно ГОСТ 17516—72 определяют условия эксплуатации оборудования, установленного на подвижном составе.

Допустимая величина вибрационной нагрузки в кузовах и под кузовами магистральных электровозов, тепловозов, дизель-поездов и электропоездов в диапазоне частоты 1—100 Гц должна иметь максимальное ускорение не более 1 g.

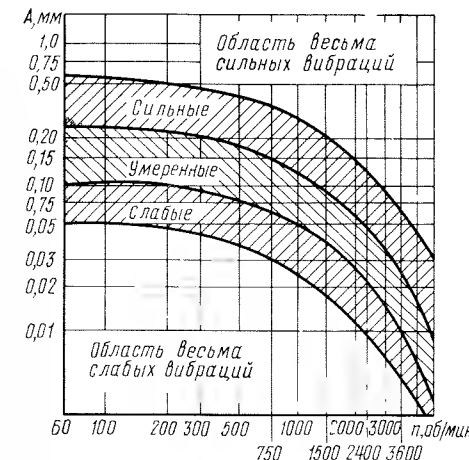


Рис. XVI-3. График для оценки интенсивности колебаний фундаментов под агрегатами при установившемся движении

Продолжительность единичных ударов с ускорением не более 3 g (только в одном горизонтальном направлении) не должна превышать 40—60 мс.

В локомотивостроении пока нет норм вибрации для машин и агрегатов, установленных на локомотиве, поэтому пользуются нормами, применяемыми в машиностроении (рис. XVI-3).

Для тихоходных машин (с частотой вращения менее 400 об/мин) размах допускаемых колебаний не должен превышать в случае удовлетворительной оценки 0,19 мм, при хорошей — 0,15 мм, при отличной — 0,1 мм. Размах основания, на котором установлена машина, допускается до 0,4 мм.

Поскольку ускорения при колебаниях пропорциональны квадрату частоты, то к быстроходным машинам предъявляются более жесткие требования (рис. XVI-4).

Вибрация фундамента при частоте вращения машины 2000 об/мин, размахе колебаний $S = 0,05$ мм и ускорении до 1,2 м/с² является удовлетворительной.

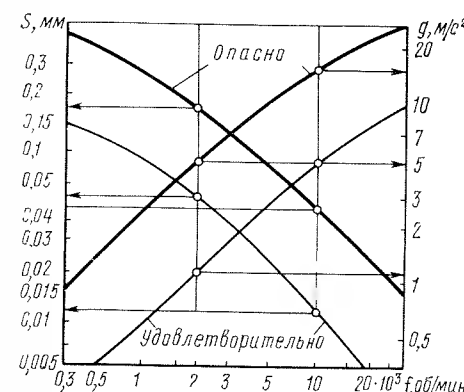


Рис. XVI-4. Нормы вибрации машин в зависимости от частоты колебаний f и ускорений g

При размахе $S = 0,18$ мм и ускорении до 5 м/с² вибрация машины считается опасной для фундамента.

XVI-3. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СНИЖЕНИЯ ШУМА И ВИБРАЦИИ

Методы и средства, применяемые для борьбы с шумом и вибрацией на подвижном составе, приводятся на рис. XVI-5.

Рациональная планировка оборудования. При размещении оборудования наиболее шумные машины и агрегаты следует располагать вместе и по возможности дальше от кабины управления или отделить их от кабины звукоизолирующей перегородкой.

На электровозе ВЛ10 перенос вспомогательных машин в конец секции и размещение высоковольтной камеры между вспомогательными машинами и кабиной управления снизило компонент воздушного шума в кабине управления примерно на 4—5 дБ.

Звукоизоляция кабин управления. Звукоизоляция может ослабить звук примерно на 30—40 дБ.

Звукоизоляция ограждения между двумя помещениями оценивается следующей величиной:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{\Delta} \text{ дБ},$$

где L_1 и L_2 — средние уровни звукового давления в шумном и тихом помещении, дБ;

S — площадь ограждения, м²;
 $\Delta = \sqrt[3]{V^2}$ — общее звукопоглощение в тихом помещении;
 V — объем помещения.

Основным фактором, определяющим звукоизоляцию акустически однородной¹ конструкции, является удельный вес ее материала.

Для однородного ограждения в диапазоне частот 100—3200 Гц величину R приблизительно можно рассчитать по эмпирическим формулам.

При удельном весе ограждения $Q < 200$ кгс/м²

$$R = 13,5 \lg Q + 13 \text{ дБ}.$$

При $Q \geq 200$ кгс/м²

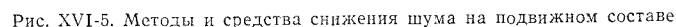
$$R = 23 \lg Q - 9 \text{ дБ}.$$

Для двойного ограждения с воздушным промежутком, равным 8—10 см.

$$R = 26 \lg (Q_1 + Q_2) - 6 \text{ дБ},$$

где Q_1 и Q_2 — удельный вес материала двойного ограждения, кгс/м².

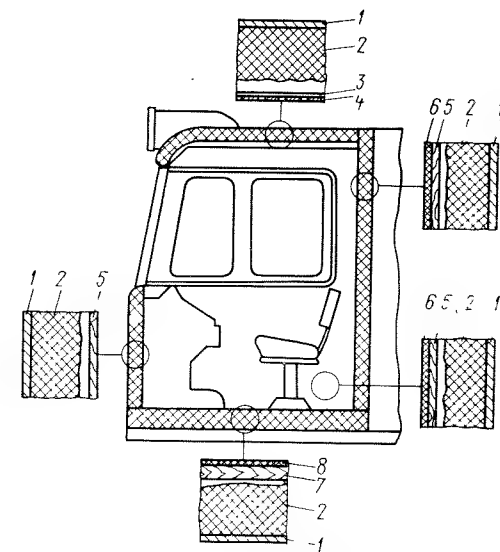
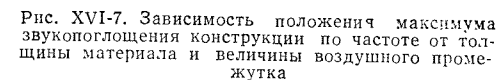
¹ Под акустически однородным ограждением понимается конструкция, все элементы которой жестко связаны и в поперечном направлении колеблются как одно целое.


$$R_{05\text{мк}} = R - 10 \lg \frac{\frac{S}{S_1} + 10^{0,1(R-R_1)}}{1 - \frac{S}{S_1}} \text{ дБ},$$

Поверхность	L_0
Порт. лакок.	0.1
Лакovaná стена	0.2
По лаку	0.3
Лакovaná стена	0.4
Лакovaná стена	0.5
Лакovaná стена	0.6
Лакovaná стена	0.7

$$\alpha = \frac{I_{\text{погл}}}{I_{\text{пад}}}.$$

Жесткие вибропоглощающие материалы с динамическим модулем упругости $E_d = 10^3 \div 10^4$ кгс/см² используют для поглощения изгибных колебаний низких и средних частот.



1 — обшивка кузова; 2 — жесткий пеноматериал марки ППУ-308Н; 3 — пленка полиэтиленовая; 4 — алюминиевый перфорированный лист толщиной 2 мм; 5 — фанера толщиной 3 мм; 6 — пластификат слоистый декоративный; 7 — фанера толщиной 20 мм; 8 — линолеум толщиной 4 мм

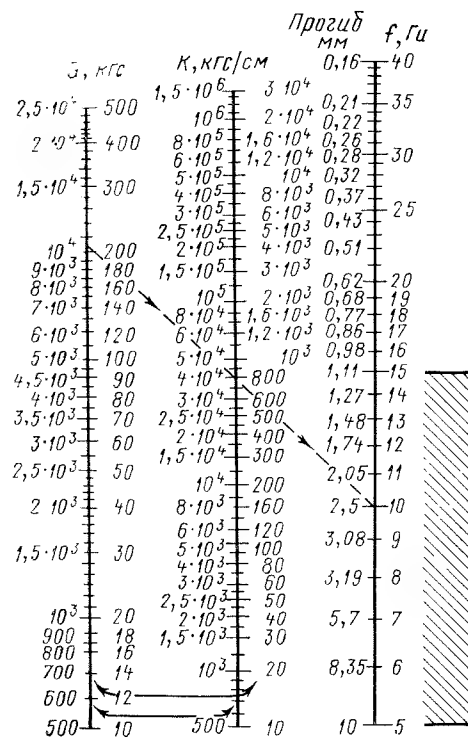


Рис. XVI-9. Номограмма для определения частот свободных колебаний амортизированных механизмов и статистических прогибов амортизаторов (заштрихована область рекомендуемых для машин и агрегатов подвижного состава значений частот свободных вертикальных колебаний)

Мягкие покрытия с $E_d = 1000$ кгс/см² применяются для ослабления колебаний более высоких частот. Показателем потери энергии изгибных колебаний является коэффициент η , который зависит от частоты колебаний f , вязкого трения r и жесткости покрытия k :

$$\eta = \frac{fr}{2\pi k}$$

Эффективность вибропоглощающего покрытия определяют по формуле

$$\Delta i = 20 \lg \left(\frac{\eta_2}{\eta_1} \right) \text{ дБ,}$$

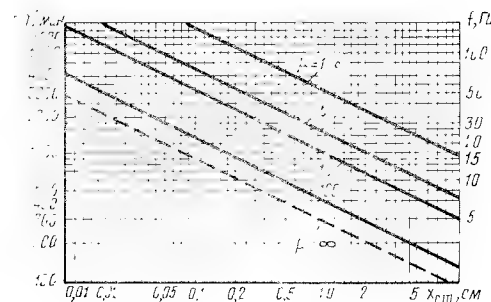


Рис. XVI-10. График для расчета виброизоляции агрегатов

где η_1 и η_2 — коэффициенты потери энергии соответственно для металла и вибропоглощающего покрытия.

Ниже приведены материалы, рекомендуемые для применения в локомотивостроении, и их коэффициенты вибропоглощения:

Линолеум (полихлорвиниловый, глифталевый)	0,03—0,075
Войлок, пропитанный битумом	0,2
Фетр, пропитанный битумом	0,5
Мастика А-1	0,44
» А-2	0,40
» ВД-17-58	0,44
» № 579	0,15
» ТУМПХ 4468—55	0,80
Пластик ШВИМ-18	0,60
Пластик № 378	0,45
Пластик ПСХ-4Н	0,40
Пенопласт ПХВ-Э	0,85
Волосяной войлок	0,23
Поролон	0,22
Стекловолоконная плита	0,06
Минераловатная плита	0,04
Губчатая резина	0,15
Сталь	0,01

Листовые и вибропоглощающие покрытия для надежного соединения с вибрирующей поверхностью обычно приклеивают. Покрытия же из мастики наносят пульверизатором или кистью в несколько приемов.

Снижение уровня шума вибропоглощающими покрытиями на низких частотах достигает обычно 8 дБ, а на высоких частотах — 12 дБ.

Виброизоляция. Виброизоляция машин дает возможность уменьшить передачу динамических сил основанию и кузову подвижного состава. Показателем эффективности виброизоляции является коэффициент μ , который характеризует динамическое воздействие агрегата, передаваемое через амортизаторы на фундаменты. Коэффициент виброизоляции

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0} \right)^2 - 1},$$

где f — частота возмущающей силы;
 f_0 — частота собственных колебаний агрегата, установленного на амортизаторах.

Использование амортизаторов дает положительные результаты при условии,

$$\text{что } \frac{f}{f_0} > \sqrt{2}.$$

При этих отношениях равных 2,5; 3; 4; 5, эффективность виброизоляции составляет соответственно 81; 87,5; 93 и 96%.

При совпадении частот вынужденных и собственных колебаний возникают резонансные явления.

Частоты собственных колебаний амортизированных агрегатов с одной степенью

свободы можно найти по статической осадке $x_{ст}$ амортизаторов.

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{x_{ст}}},$$

где $x_{ст} = \frac{Q}{K}$ — статическая осадка амортизаторов, см;

$Q = mg$ — вес машины, кгс;

K — жесткость амортизатора, кгс/см.

Если известны вес агрегата Q и жесткость амортизаторов K , то по номограмме рис. XVI-9 определяют частоту собственных колебаний f_0 и статический прогиб амортизатора $x_{ст}$. Для определения коэффициента виброизоляции можно использовать график рис. XVI-10.

Допустим требуется снизить вибрацию, передаваемую от электродвигателя к основанию, в десять раз ($\mu = 10\%$ или соответственно уровень шума на 10 дБ), при частоте вращения двигателя $n = 2500$ об/мин. На графике (см. рис. XVI-10) проводят горизонтальную линию до пересечения с наклонной, соответствующей $\mu = 10\%$, и опускают перпендикуляр на горизонтальную ось, находят требуемую величину статической осадки $x_{ст} = 0,16$ см.

Если требуется ослабить передачу вибрации этого же электродвигателя в 100 раз ($\mu = 1\%$ или $\Delta L = 40$ дБ), то из графика находят, что $x_{ст} = 1,4$ см.

По найденной величине статической осадки и весу виброизолируемой установки рассчитывают конструктивные параметры амортизаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борьба с шумом на железнодорожном транспорте. Сб. статей под редакцией проф. С. П. Алексеева. М., ГОСИНТИ, 1960.
2. Санитарные нормы по ограничению вибрации на рабочих местах для обслуживающего персонала и пассажиров в подвижном составе железнодорожного транспорта. М., Министерство здравоохранения СССР, 1975, 10 с.
3. Гладких П. А. Борьба с шумом и вибрацией в судостроении. Л., «Судостроение», 1971.
4. Славин И. И. Производственный шум и борьба с ним. М., Профиздат, 1955.

XVII. ИСПЫТАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

XVII-1. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ ЛОКОМОТИВОВ

Для отработки конструкции локомотивов новых видов и проверки соответствия их заданным требованиям опытно-промышленные образцы проходят (в соответствии с «Положением о порядке разработки, изготовления и испытания новых локомотивов и вагонов») комплекс испытаний (табл. XVI-1).

В результате испытаний образцов локомотивов выявляют их тяговые, энергетические, теплотехнические, динамические, прочностные, эксплуатационные характеристики и сравнивают с характеристиками, указанными в технических условиях. Особое внимание уделяют путевым, динамическим и прочностным испытаниям, на основании которых определяют допустимые скорости движения нового локомотива и выполнение требований безопасности движения.

Серийно выпускаемые локомотивы, находящиеся в эксплуатации, на каждом участке подвергают тягово-эксплуатационным испытаниям.

Таблица XVII-1

Виды и назначение испытаний локомотивов и электроподвижного состава

Наименование испытаний	Кто проводит	Сроки испытаний	Назначение испытаний
Заводские	Завод-изготовитель	В процессе изготовления и после него	1. Испытание на стендах отдельных узлов и агрегатов, проверка их прочности и работоспособности конструкции 2. Наладочные работы и контрольно-ходовые испытания для определения работоспособности локомотива
Тягово-энергетические электроподвижного состава	МПС с участием отраслевых научно-исследовательских организаций и заводов-изготовителей	После пробега с поездами не менее 5000 км	1. Проверка соответствия основных технических характеристик заданным техническим условиям 2. Определение тягово-энергетических характеристик 3. Проверка работы отдельных агрегатов и аппаратов
Тягово - теплотехнические тепловозов и дизель-поездов	То же	То же	1. Проверка основных характеристик дизеля, главного генератора, тяговых двигателей 2. Определение тягово-теплотехнических характеристик 3. Проверка работы отдельных агрегатов и систем
Путевые	»	По согласованию сторон	Определение сил воздействия локомотива на верхнее строение пути и установление максимально допустимых скоростей движения по воздействию на путь

Продолжение

Наименование испытаний	Кто проводит	Сроки испытаний	Назначение испытаний
Динамические	МПС с участием отраслевых научно-исследовательских организаций и заводов-изготовителей	По согласованию сторон	Проверка ходовых качеств электровоза, определение колебаний и взаимодействия частей механического оборудования при движении
Прочностные	То же	То же	Исследование механических напряжений в различных частях рам тележек и кузова в статическом состоянии и при движении 1. Определение безотказности работы машин, узлов и деталей в условиях нормальной эксплуатации в течение установленного пробега 2. Определение степени износа узлов и деталей и трудоемкости ремонта 3. Проверка технологичности ремонта, доступности и удобства осмотра и обслуживания оборудования
Эксплуатационные и ремонтные	»	В течение пробега 100—150 тыс. км	1. Выработка условий для более полного использования мощности и сцепного веса локомотива в условиях эксплуатации 2. Проверка результатов тяговых расчетов и определение критической весовой нормы 3. Разработка передовых методов вождения поездов и определение наиболее выгодных технико-экономических условий движения поездов по участку 4. Сравнение эксплуатационных качеств различных локомотивов в условиях работы данного участка дороги
Тягово-эксплуатационные	Служба локомотивного хозяйства	По усмотрению МПС и дорог	

XVII-2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

Динамометрический вагон. Для испытания локомотивов во время движения поезда применяют динамометрические вагоны, имеющие специальное оборудование для измерения и регистрации необходимых величин.

Для регистрации силы тяги или тормозной силы используют тяговые динамометры. По принципу действия они подразделяются на гидравлические и электрические.

У гидравлического диафрагменного и кассетного динамометра (рис. XVII-1) рабочую камеру заполняют маслом АМГ-10 или смесью глицерина (75—80%) и метилового спирта (20—25%).

Таблица XVII-2

Основные технические данные гидравлических динамометров

Показатели	Кассетный динамометр		Диафрагменный двухкамерный динамометр	
Наибольшее измеряемое усилие, тс	100	35	100/35	50/20
Диаметр плунжера, мм	252	167	282/167	252/160
Давление в гидравлической системе при наибольшей силе, кгс/см ²	195	160	160/160	100/100

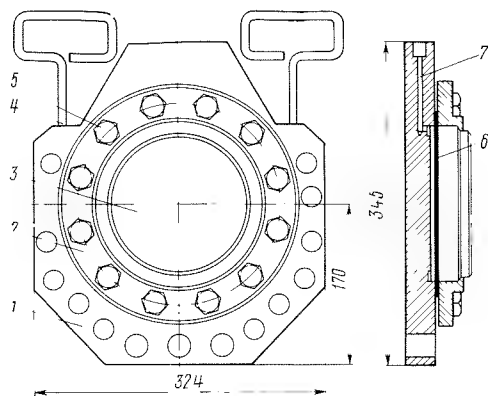


Рис. XVII-1. Кассетный динамометр:
1 — корпус; 2 — крышка; 3 — плунжер; 4 — ручка;
5 — болт; 6 — диафрагма латунная, медная или
из нержавеющей стали толщиной 0,2 мм или из
маслостойкой резины толщиной 3 мм; 7 — канал
к манометру

Проволочные датчики электрических динамометров встраивают в тонкостенный цилиндр, стенки которого вместе с датчиками растягиваются (сжимаются) под действием сил тяги либо торможения, или наклеивают на стенки хвостовика специально подготовленной автосцепки. Для компенсации температурных расширений стенок, кроме рабочих датчиков, предусматривают компенсационные. Рабочие и компенсационные датчики соединяют по схеме моста (рис. XVII-2), в диагональ которого включают усилитель, выполненный на полупроводниковых элементах или электронных лампах. На выход усилителя включают миллиамперметр и вибратор осциллографа для записи показаний.

Скорость движения измеряют и регистрируют на ленте динамометрического стола с помощью скоростемеров, имеющих привод от оси вагона.

Всевозможные отметчики режимов работы локомотива, срабатывания отдельных аппаратов и реле, отметчики пути и времени, места замера и т. д. представляют собой электромагнитные реле, с якорями которых соединены писцы-отметчики. Сигналы времени для отметчиков динамометрического стола подаются от контактных часов, замыкающих электрические цепи этих отметчиков.

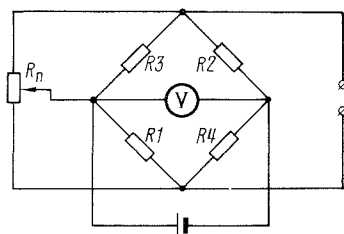


Рис. XVII-2. Принципиальная схема включения датчиков электрического динамометра:

R1, R2 — рабочие датчики; R3, R4 — компенсационные датчики; Rn — потенциометр для балансировки моста

Для записи режимов воздушного торможения устанавливают регистратор торможения, представляющий собой регистрирующий манометр, записывающий давление в тормозной магистрали.

В измерительном зале установлен стол с 8—20 застекленными сверху ячейками для установки электрических измерительных приборов. Эти приборы применяют для измерения токов и напряжений в электрических цепях локомотива, а также для определения масштабов записи величин регистрирующими приборами и осциллографом. Регистрирующие приборы укрепляют на столах или стенках вагона.

Переходные процессы в электрических цепях локомотивов регистрируют с помощью электромеханических осциллографов с магнитоэлектрическим измерительным устройством — вибратором. В динамометрических вагонах широкое применение нашли высоковольтные девяти-вibratorные осциллографы 9SO, записывающие процессы на светочувствительную бумагу шириной 120 мм. В зависимости от чувствительности, номинальной частоты собственных колебаний, тока и сопротивления вибраторы делятся на типы (табл. XVII-3).

Температуру среды или агрегатов локомотива (воды и масла в дизеле, выхлопных газов и т. д.) определяют дистанционно с использованием пирометрической установки, состоящей из датчиков и электроизмерительных визуальных и регистрирующих приборов. В качестве датчиков используют термодатчики (табл. XVII-4) или термометры сопротивления (табл. XVII-5).

Измерительными приборами, отградуированными в градусах, служат милливольтметры (при датчике — термодатчике) или логометры (при терморезисторе). Термодатчики с приборами соединяют компенсационными проводами. С этими проводами отградуированы термодатчики (табл. XVII-6). Для более точного измерения э. д. с. термодатчик вместо милливольтметров применяют компенсационные потенциометры с автоматической или ручной балансировкой.

Измерительные цепи. При испытаниях локомотивов постоянные токи и напряжения измеряют переносными приборами магнитоэлектрической системы М1105, М1106, М105, М106. Для измерения электрических величин в цепях переменного тока применяют переносные приборы электромагнитной или электродинамической системы Э59, Д539, а при повышенных воздействиях внешних магнитных полей аstaticеские приборы АСТ.

Для записи напряжения или тока при испытаниях локомотивов используют регистрирующие приборы магнитоэлектрической, ферродинамической или электродинамической системы.

При измерении напряжения постоянно-го тока для расширения пределов приборы включают последовательно с дополнительными резисторами. Приборы желательно включать с дополнительными резисторами более высокого класса точности, чем сам прибор. Сопротивление $R_{доб}$ до полнители-

Таблица XVII-3

Основные технические данные вибраторов

Тип	Частота собственных колебаний в воздухе, Гц	Сопротивление, Ом	Максимально допустимая нагрузка в цепи постоянного тока, мА	Постоянная по току, мА/мм	Чувствительность к току, мм/мА	Рабочая частота, Гц
1	5500	1,4	100	1,5	0,66	3200
2	10000	1,2	200	6	0,18	6000
3	2500	1,2	100	1,1	0,9	1100
4	3000	3,5	20	0,3	3,4	1600
5	2000	3,8	6	0,11	9,2	1300
6	500	1,2	120	1,3	0,8	275
7	18000	1,2	220	22,0	0,046	8000
8	1500	10	1,5	0,02	52	300

Таблица XVII-4

Пределы измерений термодатчиков

Термодатчики	Градуировка	Предел измерения, °С
Хромель-копелевые ТХК	ХК	0 ÷ -600
Хромель-алюмелевые ТХА	ХА	0 ÷ 1100
Платинородий-платиновые ПП	ПП	0 ÷ 1600

Таблица XVII-5

Пределы измерений термометров сопротивления

Термометры и их сопротивления	Градуировка	Предел измерения, °С
Медный, $R_0 = 53$ Ом	2-а	-50 ÷ -100
Платиновый, $R_0 = 46$ Ом	11-а	-120 ÷ +500
Платиновый, $R_0 = 100$ Ом	12-а	-200 ÷ +500

Таблица XVII-6

Характеристика проводов термодатчиков

Тип компенсационного провода	Градуировка термодатчика и прибора	Жилы компенсационного провода			Материал термодатчика
		Материал	Цвет изоляции	Полярность	
КПО-ХК	ХК	Хромель	Фиолетовый	+	Хромель
КПО-ХК		Копель	Желтый	-	Копель
КПО-М	ХА	Константан	Коричневый или белый	+	Хромель
КПО-М		Медь	Красный	-	Алюмель
КПО-П	ПП	»	»	+	Платина
КПО-П		Сплав меди с платиной	Зеленый	-	Платинородий

ного резистора подбирают в зависимости от измеряемого напряжения $U_{изм}$:

$$R_{доб} = \frac{U_{изм}}{i_{приб}} -$$

$$-(R_{приб} + R_{пров}) \text{ Ом, (XVII-1)}$$

где $i_{приб}$ — ток прибора при полном отклонении стрелки, А;

$R_{пров}$ — сопротивление измерительных проводов, Ом;

$R_{приб}$ — сопротивление прибора, Ом;

$$R_{приб} = \frac{U_{приб}}{i_{приб}} ;$$

$U_{приб}$ — предел измерения, мВ;

$i_{приб}$ — предел измерения, мА.

Цена деления прибора (В) $C_B = \frac{U_{изм}}{U_{изм} n}$ (здесь n — число делений прибора).

Уравнение (XVII-1) используют также при определении сопротивления дополнительного резистора к регистрирующим приборам и вибраторам осциллографа.

Для расширения пределов измерения постоянного тока прибор включают параллельно измерительному шунту более высокого класса точности, чем сам прибор (класс точности шунта 0,1 или 0,2 для прибора класса точности 0,5 и т. д.).

Измерительные шунты изготавливают классов точности 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 и 1 на различные токи до 6000 А. При номинальном токе падение напряжения на них составляет 45, 75, 100 или 150 мВ. Присоединяемые к приборам калиброванные провода, имеющие сопротивление $0,035 \pm \pm 0,001$ Ом, при испытаниях локомотивов используют редко из-за их недостаточной длины. Сопротивление соединительных проводов соизмеримо с сопротивлением прибора, подключенного к шунту, и влияет на его показания. Цену деления C_i прибора (А) с учетом сопротивления соединительных проводов определяют по формуле:

$$C_i = \frac{I_{ш}}{n} \cdot \frac{R_{приб} + R_{пров}}{R_{приб}}, \quad (XVII-2)$$

где $I_{ш}$ — номинальный ток шунта, А;
 $R_{приб}$ — внутреннее сопротивление прибора, Ом;
 $R_{пров}$ — сопротивление соединительных проводов, Ом.

Масштабы записи регистрирующими приборами определяют по показаниям визуальных приборов класса точности не ниже 0,5. В случае записи на ленту с помощью осциллографа необходимо выбрать тип вибратора и определить сопротивление $R_{доп}$ дополнительного резистора, включаемого в цепь вибратора:

$$R_{доп} = \frac{U_{ш}}{I_{в}} - (R_{в} + R_{пров}), \quad (XVII-3)$$

где $U_{ш}$ — напряжение на измерительном шунте при номинальном токе, мВ;
 $I_{в}$ — максимальный ток вибратора, мА;
 $R_{в}$ — сопротивление вибратора, Ом;
 $R_{пров}$ — сопротивление соединительных проводов к вибратору, Ом.

Для расширения пределов измерения электрических величин переменного тока

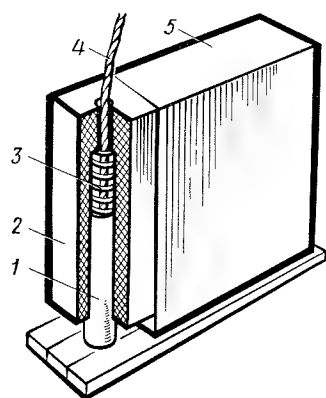


Рис. XVII-3. Установка измерительных щеток:

1 — измерительная щетка; 2 — текстолитовая колодка; 3 — пружина; 4 — провод к измерительной щетке; 5 — срезающая угольная щетка, которой прикреплен текстолитовый колодка

Таблица XII-7

Технические данные трансформаторов напряжения

Тип	Номинальное первичное напряжение, В	Номинальная мощность, ВА, в классе точности			Максимальная мощность, ВА
		0,5	1	2	
НОС 0,5	380, 500	25	40	100	200
НОМ 6	2100, 3000	30	50	120	400
НОМ 35	35000	150	250	600	1200

приборы включают через измерительные трансформаторы напряжения и тока.

Трансформаторы напряжения (табл. XVII-7) берут по возможности более высокого класса точности. К обмотке низшего напряжения трансформатора подключают стрелочные и регистрирующие приборы параллельно. При этом определяют суммарную мощность всех приборов и сравнивают с допустимой мощностью трансформатора. Перегрузка трансформатора приводит к снижению его класса точности.

Вторичное напряжение трансформатора равно 100 или $\frac{100}{\sqrt{3}}$ В.

При испытаниях локомотивов применяют катушечные ТК или шинные ТШ трансформаторы тока (табл. XVII-8).

Сопротивление обмоток тяговых двигателей или главного генератора, по которому судят о температуре их нагрева, измеряют методом вольтметра-амперметра. При замере сопротивления обмотки якоря для исключения влияния переходного сопротивления щеток используют дополнительные щетки, находящиеся в изоляционных колодках, установленных рядом с основными щетками (рис. XVII-3).

Для повышения точности измерения сопротивлений обмоток применяют переносный компенсационный потенциометр. На остановленном и заторможенном локомотиве при опущенном токоприемнике часть цепи тяговых двигателей подключают через реостат R на напряжение аккумуляторной батареи разъединителем 1 (рис. XVII-4). Изменяя R , по амперметру A устанавливают в цепи тяговых двигателей ток примерно 1А. Компенсационный

Таблица XVII-8

Технические данные трансформаторов тока

Исполнение	Номинальный первичный ток, А	Номинальная нагрузка, Ом	Класс точности
ТК 10, ТШ 10	5—1000	0,1	0,5
ТК 15, ТШ 15	5—1000	0,15	0,5
ТК 20, ТШ 20	5—1000	0,2	0,5
ТК 40, ТШ 40	5—1500	0,4	0,5
ТК 120, ТШ 120	5—1500	1,2	1,0

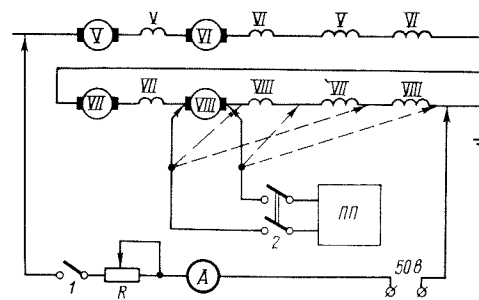


Рис. XVII-4. Электрическая схема для определения сопротивления обмоток тягового двигателя VIII с компенсационным потенциометром. Сплошными линиями показана схема замера сопротивления обмотки якоря, штриховыми — обмотки возбуждения, точками — обмотки дополнительного полюса:

V-VIII — тяговые двигатели; 1, 2 — разъединители; R — реостат; A — астатический амперметр; ПП — переносный компенсационный потенциометр типа ПП

переносный потенциометр ПП включают разъединителем 2 параллельно обмотке, сопротивление которой необходимо измерить. По величине компенсационной э. д. с. потенциометра определяют напряжение на обмотке тягового двигателя, а при известном токе — и сопротивление обмотки.

Стрелочные и регистрирующие приборы включают в электрические цепи локомотива через провода динамометрического вагона и измерительные провода, идущие от вагона в электровоз или тепловоз. Место включения измерительных шунтов в цепи локомотива из условий безопасности выбирают таким образом, чтобы потенциал относительно земли был по возможности меньше. Сами шунты закрепляют на аппаратах или привязывают к лучкам изолированных проводов, предварительно завернув их в диэлектрический коврик. Для устранения случаев появления в динамометрическом вагоне высокого напряжения, опасного для жизни человека, вольтметры должны иметь надежное заземление.

Для подключения отдельных точек силовой цепи локомотива используют высоковольтные провода (ПС-4000 и др.). Провода марки ПС-1000 можно применять только для соединения приборов с цепями управления.

В динамометрическом вагоне обязательно имеется кнопка отключения быстрого действия или главного выключателей для немедленного снятия напряжения в случае необходимости. В каждом динамометрическом вагоне вывешивают правила, содержащие все требования по технике безопасности. Эти правила должны знать все лица, участвующие в испытаниях.

XVIII-3. СТАЦИОНАРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Цель испытаний — оценка технического состояния локомотива. По результатам стационарных испытаний делают окончательное заключение о пригодности

данного локомотива для проведения опытных поездок. Стационарные испытания и опытные поездки выполняют при любом виде испытаний, указанных в табл. XVII-1.

Перечень основных работ, выполняемых при стационарных испытаниях, приведен в табл. XVII-9.

Сопротивление обмоток тяговых электрических машин измеряют в холодном состоянии, когда их температура практически равна температуре окружающего воздуха. Для сравнения с номинальными значениями соответствующих сопротивлений полученные измерениями сопротивления r_x приводят к температуре t_H , для которой указаны номинальные значения. Искомое сопротивление обмотки при температуре t_H :

$$r_H = r_x \frac{234,5 + t_H}{234,5 + t_x} \text{ Ом.} \quad (XVII-4)$$

Температуру t_x обычно измеряют ртутным термометром, который устанавливают у петушков коллектора и прикрывают сухой ватой. Иногда термометр устанавливают на изоляцию лобовых соединений обмотки якоря.

Расход вентилирующего воздуха, поступающего в каждый тяговый двигатель, определяют по аэродинамическим характеристикам тяговых двигателей соответствующего типа на основании статического напора вентилирующего воздуха, измеренного в коллекторной камере.

Статический напор в коллекторной камере измеряют U-образным манометром или более точно дифференциальным микроманометром. Для этого манометр или микроманометр соединяют резиновым шлангом 2 (рис. XVII-5) с трубкой 1 статического напора, которую вводят в коллекторную камеру машины. Трубку статического напора изготавливают из медной трубки диаметром около 8 мм с толщиной стенки — 1—1,5 мм. Торцовое отверстие этой трубки запаивают, а в ее боковых стенках на протяжении 50—60 мм со стороны запаянного конца делают отверстие 5 диаметром не более 1 мм, которые располагают по спиральной линии. Трубку статического напора вводят в коллекторную камеру через специальное отверстие 4, которое сверлят в крышке 3 коллекторного люка и заваривают после проведения измерений.

В коллекторной камере машин каждого типа трубка статического напора должна занимать такое же положение, которое было бы при снятии аэродинамической характеристики.

Если вентиляторы приводятся во вращение двигателями постоянного тока, то одновременно с измерением статического напора в коллекторных камерах измеряют напряжение на зажимах этих двигателей, а иногда и частоту вращения вентиляторов. Для измерения напряжения используют вольтметр класса 0,5 с добавочным резистором. Отсчеты по манометру делают только при установившихся статическом напоре и напряжении на зажимах

Таблица XVII-9

Основные работы, выполняемые при стационарных испытаниях

Оборудование или узел	Перечень основных работ	Примечание
Колесная пара	1. Измерение проката и толщины бандажей, толщины гребней бандажей 2. Измерение расстояния между внутренними боковыми плоскостями двух бандажей одной колесной пары 3. Измерение продольных и поперечных разбегов колесных пар	
Система песко-подачи	1. Проверка подачи песка при включении пневматического клапана песочницы 2. Проверка подачи песка при включении электропневматического клапана песочницы	Отрегулировать до нормы То же
Тяговые двигатели локомотивов и тяговый генератор тепловоза	1. Проверка состояния коллектора и щеток 2. Измерение нажатия пальцев на щетки 3. Проверка правильности установки траверс 4. Измерение сопротивления и изоляции обмоток 5. Измерение количества охлаждающего воздуха	Устраняют обнаруженные дефекты или заменяют узлы
Резисторы и реостаты	1. Измерение сопротивления секций пускового реостата по позициям 2. Измерение сопротивления цепей, шунтирующих обмотки возбуждения тяговых двигателей на каждой ступени ослабления поля 3. Измерение сопротивления стабилизирующего или уравнивающего резистора 4. Измерение сопротивления регулировочного реостата	Регулируют до норм
Аппараты защиты	Проверка работы и уставок аппаратов защиты, автоматического регулирования пускового тока, мощности, переключения двигателей и т. д.	То же
Дизель и тяговый генератор	Реостатные испытания с настройкой устройств автоматического регулирования	То же

электродвигателей вентиляторов. Каждый замер повторяют 3—5 раз.

Для каждого измеренного значения статического напора по аэродинамической характеристике машин данного типа находят расход вентилирующего воздуха. Если в момент измерения статического напора напряжение на зажимах двигателя (постоянного тока) вентилятора отличалось от номинального, то найденный по аэродинамической характеристике расход вен-

тилирующего воздуха приводят к номинальному напряжению. Для этого экспериментально устанавливают зависимость частоты вращения вентиляторов от напряжения. Обычно снимают 3—4 точки. Снижение напряжения в контактной сети имитируют включением в цепь двигателя вентилятора резисторов различного сопротивления. Полученные зависимости частоты вращения вентиляторов от напряжения для зимних условий могут отличаться от

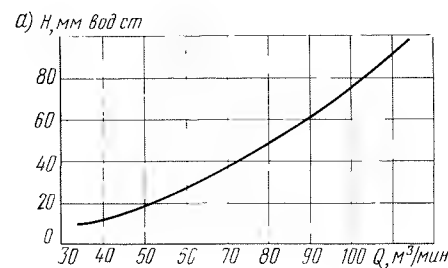
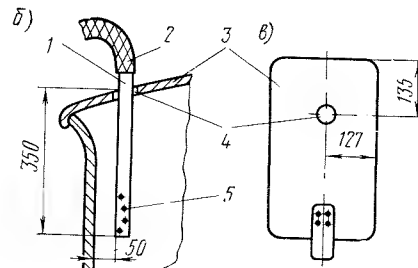


Рис. XVII 5. Аэродинамическая характеристика и установка трубки статического напора в коллекторной камере тягового двигателя ИВ-406:

а — аэродинамическая характеристика; б — установка трубки статического напора; в — размеры для сверления отверстия в крышке коллекторного люка



летних в связи с усилением фильтрации засасываемого воздуха.

Расход вентилирующего воздуха, приведенный к номинальному напряжению $U_{\text{н}}$, на зажимах двигателя вентилятора

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{из}} \frac{n_{\text{вн}}}{n_{\text{в.из}}},$$

где $Q_{\text{из}}$ — расход воздуха, найденный по аэродинамической характеристике, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$n_{\text{в.из}}$ — измеренная частота вращения вентилятора, $\text{об}/\text{мин}$;

$n_{\text{вн}}$ — частота вращения вентилятора при номинальном напряжении, $\text{об}/\text{мин}$.

По нескольким полученным значениям $Q_{\text{пр}}$ для каждого тягового двигателя находят средний расход вентилирующего воздуха, которые сравнивают с расчетным.

Электрические сопротивления измеряют мостом, например, типа УМВ. Малые сопротивления (менее 0,1 Ом) измеряют двойным мостом или по способу вольтметра-амперметра с измерением падения напряжения на резисторе компенсационным потенциометром типа ПП. Ток при этом измеряют амперметром класса не ниже 0,5.

Перед опытными поездками обязательна проверка качества песка, применяемого на локомотивах (соответствие его техническим требованиям), а также проверка расхода песка по форсункам. В случае необходимости расход песка регулируют в соответствии с указаниями Инструкции по ремонту, уходу и содержанию песочниц.

Программа и объем работ при стационарных испытаниях изменяются в зависимости от конкретных задач проводимых тягово-эксплуатационных испытаний.

XVII-4. ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТНЫХ ПОЕЗДОВ, ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ И СОСТАВЛЕНИЕ РЕЖИМНЫХ КАРТ

Контрольно-наладочные опытные поездки. Цель таких поездок состоит в проверке и наладке измерительных устройств, в проверке распределения тока локомотива между его тяговыми двигателями. При проведении этих опытных поездок записывают на ленту динамометрического стола скорость движения, силу тяги, режимы ведения поезда, а на ленты регистрирующих приборов ток одного из двигателей локомотива и напряжение на токоприемнике или напряжение главного генератора. Эти данные позволяют определить лимитирующие участки профиля по сцеплению колес с рельсами, а если программой испытаний предусмотрена проверка нагревания тягового электрооборудования, то и уточнить места измерения температуры.

Контрольно-наладочные опытные поездки проводят с поездами, соответствующими действующей на участке весовой норме, а если весовая норма еще не установлена, то выбирают вес поезда на осно-

вании расчетов в соответствии с Правилами тяговых расчетов для поездной работы.

В начале контрольно-наладочной поездки проверяют работу всех измерительных приборов и распределение тока между тяговыми двигателями.

Для проверки коэффициентов регулирования возбуждения при подготовке к контрольно-наладочной опытной поездке измеряют сопротивление обмоток возбуждения и всех элементов шунтирующей цепи в холодном состоянии, когда их температура равна температуре окружающего воздуха. Измеренные сопротивления приводят к температуре, для которой установлены номинальные значения β .

При тягово-эксплуатационных испытаниях часто ограничиваются приближенной проверкой β . Для этого в начале опытной поездки, когда разница между температурой обмоток возбуждения и индуктивных шунтов невелика, при режиме ослабленного поля двигателей измеряют токи их якорей $I_{\text{я}}$ и токи возбуждения $I_{\text{в}}$.

Полученные значения $\beta = \frac{I_{\text{в}}}{I_{\text{я}}}$ для всех параллельных групп тяговых двигателей сравнивают. Большие отклонения в значениях β различных групп тяговых двигателей вызывают значительную неравномерность их в нагрузках.

При поездке с тепловозом снимают контрольные точки внешних характеристик тяговых генераторов, измеряя для этого их ток и напряжение. Эти точки сравнивают с соответствующими по току точками номинальной характеристики. Контролируют также и сравнивают токи тяговых генераторов различных секций тепловоза. Проверяют работу реле переходов и устройства для автоматического регулирования мощности.

На основании анализа ленты динамометрического стола, полученной при проведении контрольно-наладочной опытной поездки, дают указание машинисту о режиме ведения поезда в последующей опытной поездке.

Режимы вождения поездов в опытных поездах и выбор составов грузовых поездов. Результаты опытных поездок во многом зависят от режимов вождения поездов, применяемых при их проведении.

Общие требования к таким режимам следующие:

1. Режим ведения поезда должен предусматривать хорошее использование кинетической энергии для преодоления крутых подъемов, что особенно важно при ограничении веса поезда по сцеплению или нагреванию. Поэтому на подходах к подъемам обеспечивают максимально возможную в допустимых пределах скорость движения, применяя высшие ступени регулирования напряжения на зажимах тяговых двигателей и глубокое ослабление поля.

2. При движении по подъему по мере увеличения тока тяговых двигателей и приближению его к соответствующему расчетному ограничению постепенно переходят на низшие ступени регулирования до расчетной ступени. Если установившаяся

скорость на расчетном подъеме при реализации расчетной силы тяги окажется ниже ее расчетного значения, то выясняют причины этого отклонения. Оно может возникнуть из-за снижения напряжения на токоприемнике электровагона по сравнению с номинальным и из-за меньшего диаметра бандажей колесных пар по сравнению с его номинальным значением.

На тепловозах причиной такого отклонения действительной скорости движения от расчетной может быть соответствующее отклонение внешней характеристики главного генератора от номинальной.

3. Если между двумя подъемами расположены более легкие элементы профиля, то их следует максимально использовать для накопления кинетической энергии поезда, т. е. повышения его скорости движения.

4. В тех случаях, когда лимитирующий подъем расположен непосредственно за остановочным пунктом, разгон поезда должен быть наиболее интенсивным, чтобы к моменту выхода поезда на подъем иметь достаточную скорость его движения.

5. Если при движении по подъему сила тяги достаточно близка к ее ограничению, не следует переходить на более высокие ступени регулирования, так как это вызовет неоправданное повышение тока и может привести к интенсивному боксованию.

На рис. XVII-6 показаны опытные кривые движения поезда: скорости v и силы тяги F_a , полученные при испытаниях электровагона ВЛ60к. В данном случае был применен рациональный режим ведения поезда. В процессе разгона при низкой скорости движения электровагоном была реализована сила тяги несколько большая, чем при движении поезда по подъему. За время разгона и движения

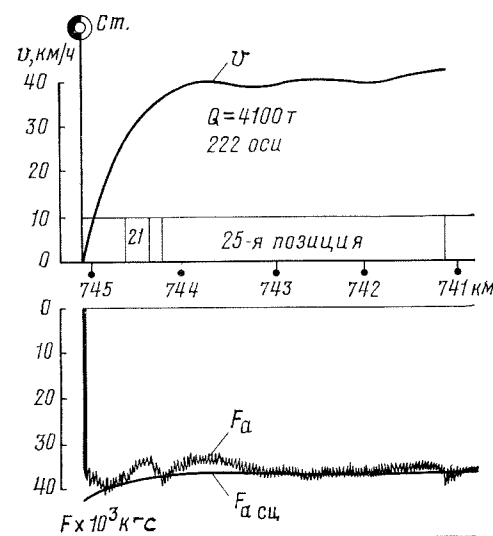


Рис. XVII-6. Опытные кривые движения поезда при рациональном режиме ведения поезда: v — скорости; F_a — силы тяги на автосцепке; $F_{a,сч}$ — расчетное ограничение силы тяги

поезда по подъему сила тяги практически совпадала с ее расчетным ограничением по сцеплению $F_{асц}$.

Опытные поездki для проверки времени хода по перегонам. Расчетное время хода поездов определяют при выполнении тяговых расчетов, а затем проверяют возможность его практической реализации проведением специальных опытных поездок, по которым корректируют расчетное время хода.

Эти опытные поездki проводят с поездами, веса которых соответствуют установленной весовой норме. Общее число опытных поездок зависит от применяемых режимов ведения поездов и сходимости полученных результатов. Обычно проводят от четырех до десяти опытных поездок в каждом направлении. При электрической тяге опытные поездki проводят по различным ниткам движения поездов и в разное время суток.

У локомотива, выбранного для таких опытных поездок, бандажи должны иметь износ и прокат не менее среднего.

При опытных поездках на ленту динамометрического стола записывают скорость движения, силу тяги, отметки режимов ведения поезда, сигнал светофора, на который движется поезд, отмечают срабатывания реле боксования, включение пневматического и электропневматического клапанов подачи песка. На ленты регистрирующих приборов записывают: ток одной группы тяговых двигателей, напряжение на токоприемнике электроподвижного состава или напряжение главных генераторов тепловозов. При анализе полученных данных обращают особое внимание на использование мощности локомотива в пределах действующих ограничений.

На ленту с записью напряжения на токоприемнике электроподвижного состава наносят номинальное напряжение. Рассмотрение этой ленты совместно с лентой динамометрического стола позволяет судить о влиянии напряжения на токоприемнике на время хода поезда.

Время хода поезда считают установленным, когда результаты трех-четырех опытных поездок, проведенных при рациональных режимах ведения поезда, обеспечивающих высокое использование мощности локомотива, достаточно близко сходятся. Если имеются существенные расхождения результатов, то причины этого должны быть выявлены.

В заключении по результатам опытных поездок указывают время хода, установленное опытным путем, объясняют основные причины расхождения расчетных и опытных данных и дают рекомендации по режимам вождения поездов, обеспечивающим выполнение установленного времени хода.

Опытные поездki для проверки весов грузовых поездов по условиям сцепления колес локомотива с рельсами. При проведении опытных поездок включают динамометрический стол и регистрирующими приборами записывают в функции времени токи двух-трех групп тяговых двигателей, ток

главного генератора, напряжение на токоприемнике электровагона или главного генератора тепловоза. Обычно регистрирующими приборами записывают ток наиболее нагруженной параллельной группы тяговых двигателей и ток той группы, в которую входит двигатель, связанный с колесной парой, наиболее склонной к боксованию. Записи регистрирующих приборов или осциллограммы используют для оценки интенсивности боксования колесных пар.

Первые опытные поездki проводят с поездами, веса которых соответствуют весовой норме или их устанавливают расчетами, выполненными в соответствии с указаниями Правил тяговых расчетов для поездной работы (ПТР).

После проведения каждой опытной поездki на ленту динамометрического стола с записью силы тяги, действующей на автосцепке динамометрического вагона при работе локомотива на лимитирующих подъемах, наносят ее расчетное ограничение и сравнивают зарегистрированную силу тяги с этим ограничением.

Расчетное ограничение силы тяги на автосцепке динамометрического вагона устанавливают на основании расчетного ограничения касательной силы тяги локомотива с учетом всех сил сопротивления движению локомотива. Инерционной силой локомотива и динамометрического вагона, вызванной изменением скорости движения, обычно пренебрегают, так как при движении по лимитирующим подъемам изменения скорости (ускорения) обычно малы и инерционная сила составляет меньше 1% касательной силы тяги локомотива.

Расчетное ограничение касательной силы тяги локомотива определяют на основании расчетных коэффициентов сцепления, формулы для определения которых приведены в Правилах тяговых расчетов для поездной работы. Если на лимитирующем (расчетном) подъеме расположены кривые радиусом менее 500 м, то расчетный коэффициент сцепления определяют с учетом влияния кривой.

Расчетное ограничение силы тяги на автосцепке динамометрического вагона

$$F_{асц} = F_{кц} - P(\omega'_0 + i_{пр}) -$$

$$- Q_{дв}(\omega''_{одв} + i_{пр}) \text{ кгс,}$$

где $F_{кц}$ — расчетное ограничение касательной силы тяги локомотива, кгс;

P — вес локомотива, тс;

$Q_{дв}$ — вес динамометрического вагона¹, тс;

ω'_0 и $\omega''_{одв}$ — основное удельное сопротивление движению соответственно локомотива и динамометрического вагона¹, кгс/тс;

$i_{пр}$ — приведенный уклон лимитирующего подъема, %.

¹ Если кассета динамометра находится на конце вагона, обращенном к локомотиву, то вес динамометрического вагона и его удельное основное сопротивление движению не учитывают.

Расчетное ограничение касательной силы тяги и основное сопротивление движению функционально зависят от скорости; потому расчетные ограничения силы тяги на автосцепке динамометрического вагона рассчитывают в зависимости от скорости движения и представляют в виде графиков. При нанесении на ленту динамометрического стола этого ограничения учитывают действительную скорость движения поезда.

Если при применении рационального режима ведения поезда наибольшая сила тяги F_a , зарегистрированная на лимитирующем подъеме, отличается от ее расчетного ограничения на величину $\pm \Delta F_a$, то на последующую опытную поездку изменяют вес поезда на величину

$$\Delta Q = \frac{\pm \Delta F_a}{i_{пр} + \omega''_0},$$

где $i_{пр}$ — приведенный уклон лимитирующего подъема, ‰;

ω''_0 — основное удельное сопротивление вагона.

Если в процессе испытаний будет установлена возможность работы локомотивов с превышением расчетного ограничения силы тяги по сцеплению, то опытные поездki также должны быть проведены с двумя-тремя другими локомотивами и при неблагоприятных метеорологических условиях. После принятия таких повышенных весовых норм за условиями работы локомотивов необходимо вести тщательное наблюдение и периодически, особенно при неблагоприятных метеорологических условиях, проводить контрольные опытные поездki с динамометрическим вагоном.

Проверка нагревания обмоток тяговых электрических машин. В зависимости от конкретных задач тягово-эксплуатационных испытаний и условий работы локомотива на участке проверку нагревания тяговых электрических машин проводят одновременно с проверкой весовых норм по условиям сцепления, при определении времени хода или при специальных опытных поездках.

Предварительно определяют конкретные машины локомотива, нагревание которых будут контролировать, и места на участке, в которых будут проводить измерения температур. В ПТР указаны обмотки электрических машин локомотивов различных серий, температуру которых следует контролировать, а для тепловозов указаны и лимитирующие по нагреванию машины (главные генераторы или тяговые двигатели). Проверяют нагревание не менее двух или трех тяговых двигателей локомотива. Тяговые двигатели выбирают на основании данных о распределении тока и вентилирующего воздуха, полученных при контрольно-наладочных поездках и стационарных испытаниях.

Для контроля обычно выбирают тяговый двигатель, наиболее нагруженный током, и тяговый двигатель, получающий наименьшее количество вентилирующего воздуха, а иногда и двигатель, работающий со средней нагрузкой и получающий при-

мерно расчетное количество вентилирующего воздуха.

Сопротивление обмоток выбранных двигателей измеряют в холодном состоянии. Всякая допущенная при этом погрешность отразится на результатах определения температур нагрева на линии. Сопротивление

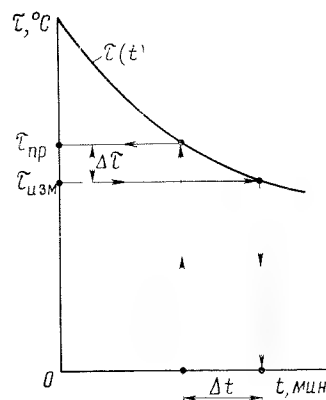


Рис. XVII-7. Приведение измеренного превышения температуры к моменту отключения тяговых электрических машин:

$\tau_{изм}$ — превышение температуры обмотки, соответствующее моменту измерения; Δt — время между отключением тяговых электрических машин и измерением сопротивления обмотки; $\tau_{пр}$ — превышение температуры, приведенное к моменту отключения машин; $\Delta \tau$ — поправка

измеряют после длительного нахождения локомотива (1,5—2 суток) в нерабочем состоянии. Последние 10—15 ч перед измерением сопротивления локомотив должен находиться в закрытом помещении депо, где суточные колебания температуры незначительны.

На основании измеренных сопротивлений обмоток в холодном состоянии r_x и их температуры t_x (равной температуре охлаждающего воздуха) по формуле XVII-4 рассчитывают для каждой обмотки линейную зависимость ее сопротивления r_n от температуры t_n .

При проведении опытных поездок в большинстве случаев контролируют температуру обмоток якорей, сопротивление которых можно измерить только при невращающемся якоре. Поэтому на основании анализа профиля пути и кривых тока¹ выбирают на линии такие места, в которых ожидают наибольшие значения температуры обмоток якорей.

¹ Эти кривые записывают регистрирующими приборами при проведении контрольно-наладочных или специальных опытных поездок.

Для остановки поезда в выбранном на линии месте после выхода его основной части с подъема включают тормоз и, как только появятся признаки начала торможения, отключают тяговые двигатели и электродвигатели вентиляторов¹. В этот же момент в динамометрическом вагоне включают секундомер для измерения времени между отключением двигателей и измерением сопротивлений. Сразу после остановки поезда, соблюдая необходимые меры безопасности, измеряют сопротивление обмоток.

На основании полученных результатов по графикам зависимости сопротивлений от температуры определяют температуру обмоток в момент измерения. Превышение этой температуры над температурой окружающего воздуха находят, вычитая из измеренной температуры обмоток температуру окружающего воздуха. За время между отключением машин и измерением сопротивлений температура обмоток несколько снижается. Поэтому при обработке опытных данных полученное превышение температуры приводят к моменту отключения машин, пользуясь кривой охлаждения обмотки при неработающем вентиляторе (рис. XVII-7).

Полученные при испытаниях в условиях летнего режима вентиляции превышения температур обмоток тяговых двигателей необходимо привести к расчетной температуре окружающего воздуха:

$$\tau_p = \tau_n [1 + \alpha_n \Delta t_o (1 - \gamma)], \text{ } ^\circ\text{C},$$

где τ_n — превышение температуры, измеренной при испытаниях;

γ — доля превышения температуры обмотки от потерь, не зависящих от температуры, приблизительно для всех обмоток полюсов равная 0, и для обмоток якоря 0,4;

α_n — температурный коэффициент сопротивления меди обмотки:

$$\alpha_n = \frac{1}{235 - t_n - \gamma \tau_n}.$$

Изменение температуры окружающего воздуха

$$\Delta t_o = t_p - t_n,$$

где t_n — температура воздуха при испытаниях;

t_p — расчетная температура по ПТР (если она не известна, то принимают $t_p = 25^\circ\text{C}$).

¹ Измерение сопротивления обмотки якоря главного генератора тепловоза можно проводить без остановки поезда, но при остановленном двигателе.

XVIII. РЕМОНТ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОВОЗОВ, ТЕПЛОВОЗОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

XVIII-1. НОРМЫ ПРОБЕГОВ И ВРЕМЕНИ НАХОЖДЕНИЯ В РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРОВОЗОВ, ТЕПЛОВОЗОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

На железных дорогах СССР принята планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта локомотивов и моторвагонного подвижного состава. Виды технического обслуживания и ремонтов, цикличность, периодичность их производства устанавливаются приказом министра путей сообщения. Объемы ремонтных работ, технология их выполнения устанавливаются Правилами деповского и заводского ремонта электровозов, тепловозов, электропоездов и электросекций, дизель-поездов; Правилами ремонта тяговых и вспомогательных машин электроподвижного состава. Составной частью указанных Правил являются таблицы норм допусков и износов, где указаны их предельные величины при выпуске из различных видов ремонтов в эксплуатацию.

Для поддержания электровозов, тепловозов и моторвагонного подвижного состава в исправном и работоспособном состоянии установлены следующие виды технического обслуживания и ремонта: техническое обслуживание ТО-1, ТО-2 (технический осмотр); ТО-3 (профилактический осмотр); текущий ремонт ТР-1 (малый периодический ремонт), ТР-2 (большой периодический ремонт), ТР-3 (подъемочный ремонт); средний ремонт, капитальный ремонт. Техническое обслуживание ТО-1 выполняется локомотивными бригадами при приемке, сдаче и в процессе эксплуатации локомотивов и моторвагонного подвижного состава по специальному перечню работ. Капитальный и средний ремонты выполняются на ремонтных заводах, а средний также в специально оснащенных депо. Среднесетевые нормы пробегов¹ или продолжительности работы между техническими обслуживаниями и ремонтами электровозов, электросекций тепловозов и дизель-поездов приведены в табл. XVIII-1 и XVIII-2.

¹ Установлены приказом МПС № 22Ц от 13.VII 1975 г.

Среднесетевые нормы пробегов между средними и капитальными ремонтами тяговых двигателей и вспомогательных электрических машин установлены соответственно для тепловозов 690 и 1380, для электровозов 660 и 1320, для электропоездов — 600 и 1200 тыс. км. с отклонением $\pm 20\%$.

Для равномерной загрузки ремонтных цехов разрешается начальникам депо изменять пробеги отдельных локомотивов между техническими обслуживаниями и текущими ремонтами до 10% от установленных для депо норм.

Периодичность технического обслуживания ТО-2 грузовых, пассажирских локомотивов и моторвагонного подвижного состава устанавливается начальником дороги из условий эксплуатации, протяженности плеч обращения, но не реже, чем через 48 ч.

Дифференцированные нормы пробегов локомотивов для дорог устанавливает Главное управление локомотивного хозяйства МПС, а для отдельных депо — начальник дороги.

Дифференцированные нормы пробегов между осмотрами и ремонтами тепловозов определяют по специально утвержденной МПС методике в зависимости от показателя использования мощности тепловоза, представляющего расход топлива дизелем на 1 км пройденного пути (кг/км) и характеризующего среднюю силу тяги.

Норма пробегов поездных тепловозов для данной серии между текущими обслуживаниями и ремонтами

$$L_p = \frac{G}{\varphi},$$

где G — норма расхода натурального дизельного топлива между отдельными видами технических обслуживаний и ремонтов для поездных тепловозов, работающих в грузовом и пассажирском движении;

φ — показатель использования данной серии поездных тепловозов, работающих в грузовом и пассажирском движении в целом по депо, кг/км.

Таблица XVIII-1

Среднесетевые нормы пробега или продолжительности работы электроподвижного состава между техническими обслуживаниями и ремонтами

Подвижной состав	Нормы пробега, тыс. км, или продолжительность работы между					
	техническими обслуживаниями ТО-3	текущими ремонтами			средними ремонтами	капитальными ремонтами
		ТР-1	ТР-2	ТР-3		
Поездные электровозы . .	—	—	180	360	720	2160
В том числе:						
постоянного тока . . .	12	24	120	340	680	2000
переменного тока (грузовые)	—	14	195	390	780	2300
Пассажирские, в том числе:						
ЧС2, ЧС3	12,5	25	175	350	700	2100
ЧС4	14	28	200	400	800	2400
Грузовые, в том числе:						
ВЛ22м, ВЛ8, ВЛ23 . .	11	22	165	330	660	2000
ВЛ10	14	28	190	380	760	2300
ВЛ60 (всех индексов) .	—	14	190	380	760	2300
ВЛ80 (всех индексов) .	—	14	200	400	800	2400
Прочие	11	22	150	300	600	1800
Маневровые, вывозные и передаточные электровозы	30 сут.	2 мес.	1,5 года	3 года	6 лет	12 лет
Электросекции:						
ЭР	5 сут.	50 сут.	175	350	700	2100
СР, СМ	5 сут.	45 сут.	150	300	600	1200

Показатель использования мощности для данной серии тепловоза грузового и пассажирского движения в целом по депо

$$\varphi = \frac{Al_y}{s \cdot 10^4 \cdot 1,43},$$

где A — перевозочная работа, выполненная тепловозами данной серии в грузовом и пассажирском движении за год, т·км брутто;

l_y — удельный расход дизельного топлива на измеритель тепловозами данной серии при работе в грузовом или пассажирском движении за предыдущий год, кг/10⁴ т·км брутто;

s — общие локомотиво-километры тепловозов данной серии, выполненные в грузовом и пассажирском движении за год, км;

1,43 — коэффициент перевода условного топлива в натуральное.

Для участков дорог, где дизельная тяга вводится впервые, выполняемая перевозочная работа, общие локомотиво-километры, удельный расход условного дизельного топлива определяют на основании тяговых расчетов и планируемых размеров движения. При этом общие локомотиво-километры принимают на 15% больше расчетного значения. В дальнейшем эти величины корректируются по фактическим данным.

Нормы межремонтных периодов работы внепоездных тепловозов (маневровых, горочных, вывозных и др.)

$$t_p = \frac{G_0}{705 \varphi'} \text{ месяцев;}$$

$$t_p = \frac{G_0}{23,5 \varphi'} \text{ суток,}$$

где G_0 — норма расхода дизельного топлива между отдельными видами осмотров и ремонтов;

705 и 23,5 — норма продолжительности работы внепоездных тепловозов за месяц и за сутки, ч;

φ' — показатель использования мощности внепоездных тепловозов, кг/ч.

Показатель использования мощности внепоездных тепловозов

$$\varphi' = \frac{E}{t_0},$$

где E — общий расход натурального дизельного топлива тепловозами данной серии за определяемый период, кг;

t_0 — общее время работы тепловозов данной серии в эксплуатации за определяемый период, ч.

Таблица XVIII-2

Среднесетевые нормы пробега или продолжительности работы тепловозов и дизель-поездов между техническими обслуживаниями и ремонтами

Подвижной состав	Нормы пробега, тыс. км, или продолжительность работы между					
	техническими обслуживаниями ТО-3	текущими ремонтами			средними ремонтами	капитальными ремонтами
		ТР-1	ТР-2	ТР-3		
Поездные тепловозы . . .	7,5	6,0	130	190	725	2175
В том числе:						
ТЭ3, 2ТЭ10	7,5 (20 сут.)	60 (5,5 мес.)	—	180	720	2160
ТЭП10, М62	7,5 (20 сут.)	60 (5,5 мес.)	120	240	720	2160
ТЭП60	8,0	75	150	300	900	1800
ТГ102, ТГ16	7,2	57,5	115	230	460	920
Маневровые, вывозные и передаточные тепловозы, в том числе:						
ТЭМ1, ТЭМ2, ЧМЭ3, М62	30 сут.	7,5 мес.	1,25 года	2,5 года	7,5 лет	15 лет
ЧМЭ2, ТЭ1, ТЭ2 . . .	15 сут.	4 мес.	8 мес.	16 мес.	5 лет	10 лет
ТГМ3, ВМЭ1, и др. . .	10 сут.	2 мес.	8 мес.	16 мес.	5 лет	10 лет
Дизель-поезда типа Д1 и ДР1	3,5 (10 сут.)	18—20 (2 мес.)	—	150	600	1800
Дизель-поезда типа Д . .	3,5 (10 сут.)	18—20 (2 мес.)	—	120	480	1440

Примечание: Разрешается на период 1975—1977 гг. по мере освоения программы текущего ремонта ТР-3 (подъемочного ремонта) тепловозов ТЭ3, 2ТЭ10 производить текущие ремонты ТР-2 (большой периодический ремонт) и ТР-3 с нормами пробега 120 и 240 тыс.км соответственно.

Дифференцированная норма пробега электровозов между техническими обслуживаниями или ремонтами дороги или депо в соответствии с предложениями ЦНИИ МПС

$$L_i = L_0 \frac{K_{F_0}}{K_{F_i}},$$

где L_0 — норма пробега, установленная ЦТ МПС между тем или иным видом технического обслуживания или ремонта;

K_{F_0} — средний коэффициент использования силы тяги электровозов с учетом рекуперации по сети дорог (0,293);

K_{F_i} — средний коэффициент использования силы тяги электровоза для дороги или депо.

Коэффициент использования силы тяги

$$K_F = \frac{a_L (1 + 2,3 K_p)}{a_{LH}},$$

где a_L — средний удельный расход электроэнергии электровозом на 1 км пробега, учитываемый по электровозным счетчикам расхода электрической энергии, кВт·ч/км;

K_p — коэффициент рекуперации, являющийся отношением суммы возвращенной электрической энергии при рекуперации к суммарному расходу электроэнергии;

a_{LH} — номинальный энергетический коэффициент для конкретного электровоза, кВт·ч/км.

Номинальный энергетический коэффициент (табл. XVIII-3) электровоза

$$a_{LH} = \frac{I_{\infty} U + N_{сн}}{1000 v_{\infty}},$$

где I_{∞} — ток продолжительного режима электровоза, А;

U — напряжение на зажимах двигателя, В;

v_{∞} — скорость электровоза при продолжительном режиме, км/ч;

$N_{сн}$ — мощность, потребляемая для собственных нужд, Вт.

Таблица XVIII-3
Номинальные энергетические коэффициенты, кВт·ч/км

Серия электро-воза	a_{Ln}	Серия электро-воза	a_{Ln}	Серия электро-воза	a_{Ln}
ВЛ19	52,4	ВЛ110	97,5	ЧС1	33,5
ВЛ22 ^м	60,8	ВЛ60	75,5	ЧС2	41,0
ВЛ8	93,3	ВЛ60 ^к	85,5	ЧС3	35,4
				ЧС4	52,6
ВЛ23	70,2	ВЛ80 ^к	134,0	Ф	65,0

Распоряжением МПС № М-1944 от 25/1 1972 г. установлены нормы технологического простоя в рабочих днях электро-возов в заводском ремонте объема I — 14 дней и заводском ремонте объема II — 17 дней; электросекций в заводском ре-

монте объема I — 12 дней и заводском ремонте объема II — 18 дней; тепловозов — в заводском ремонте 11,5 дней.

Технологический простой в заводском ремонте определяется числом рабочих дней от разборки до подписания акта приемки.

Трудоемкость ремонтов. Для определения количества рабочих, необходимых для ремонта, разработаны нормативы рабочей силы на ремонт и осмотр электро-возов, моторвагонных секций и тепловозов основных серий (табл. XVIII-4). В нормативы не включены затраты труда оперативно-производственного персонала, в том числе мастеров и их помощников, освобожденных бригадиров, затраты труда рабочих на обслуживание машин и механизмов оборудования и стендов, а также депо-ских устройств (мостовых кранов, электро-каров, скатопускных канав, моечных машин, силовой и осветительной сети и др.). Не учтены в нормативах затраты труда рабочих сдельщиков и повременщиков на ремонт отдельных узлов, поступающих в кладовую, на модернизацию и случайные виды ремонта.

Таблица XVIII-4
Нормативы трудоемкости текущего ремонта электроподвижного состава и тепловозов, чел-ч

Серия подвижного состава	ТР-3		ТР-2		ТР-1		ТО-3	
	норматив трудоем-кости	средний разряд работ	норматив трудоем-кости	средний разряд работ	норматив трудоем-кости	средний разряд работ	норматив трудоем-кости	средний разряд работ
ВЛ19, ВЛ22	1500	3,70	215	3,66	155	3,62	45	3,55
ВЛ22 ^м , ВЛ23	1780	3,73	240	3,68	170	3,63	55	3,52
ВЛ8	3200	3,83	500	3,76	250	3,7	90	3,59
ВЛ60, ВЛ60 ^к	3000	3,94	1000	3,87	300	3,79	125	3,78
ЧС2	2700	3,91	420	3,92	250	3,87	100	3,77
ЧС1, ЧС3	2200	3,89	320	3,85	180	3,79	75	3,66
С ₃ ^р , С ^р , С ₃ ^м	2000	3,57	200	3,58	110	3,62	16	3,53
ЭР1, ЭР2	1400	3,66	240	3,7	82	3,67	12	3,54
ТЭЗ, ТЭ7	2200	3,75	1100	3,75	225	3,7	80	3,65
ТЭП10, ТЭ10, 2ТЭ10 (одна секция), ТЭП60	2750/2900*	4,04	1500	3,91	300	3,81	110	3,92
ВМЭ1	1800	3,9	900	3,77	140	3,69	70	3,79
ЧМЭ2	1500	3,89	650	3,88	145	3,65	65	3,7
ТЭ1, ТЭ2, Д ^а , ТЭМ1	1225/1200*2	3,75	500	3,7	150	3,65	60	3,6
ТГМЗ	1160	3,79	760	3,72	180	3,7	80	3,74

* Для тепловоза ТЭП60. *2 Для тепловоза ТЭМ1.

Таблица XVIII-5

Нормативные коэффициенты в сопоставимых по затратам труда приведенных единицах ремонта подвижного состава

Серия подвиж-ного состава	ТР-3 (подъ-мочный ре-монт)	ТР-2 (доп. пе-риодиче-ский ремонт)	ТР-1 (малый пе-риодиче-ский ремонт)	ТО-3 (профи-лактический осмотр)	Серия подвиж-ного состава	ТР-3 (подъ-мочный ре-монт)	ТР-2 (большой пе-риодиче-ский ремонт)	ТР-1 (малый пе-риодиче-ский ремонт)	ТО-3 (профи-лактический осмотр)
ВЛ19, ВЛ22	6,25	0,90	0,65	0,19	ТЭ1, ТЭ2 . . .	5,0	2,08	0,62	0,25
ВЛ22 ^м , ВЛ23	7,42	1,0	0,71	0,23	ТЭМ1	5,10	2,08	0,62	0,25
ВЛ8	13,33	2,08	1,04	0,38	ТЭЗ, ТЭ7 . . .	9,17	4,58	0,94	0,33
ЧС1, ЧС3 . . .	9,17	1,33	0,75	0,31	ТЭП10, ТЭ10, 2ТЭ10	11,46	6,25	1,25	0,46
ЧС2	11,25	1,75	1,04	0,42	ТЭП60	12,08	6,25	1,25	0,46
ВЛ60	12,50	4,17	1,25	0,52	ЧМЭ2	6,25	2,71	0,60	0,27
С ₃ ^р , С ^р , С ₃ ^м	8,33	0,83	0,46	0,07	ВМЭ1	7,5	3,75	0,58	0,29
ЭР1, ЭР2 . . .	5,83	1,0	0,34	0,05	ТГМЗ	4,83/5,83	3,17	0,75	0,33

Для соизмерения объемов работ по ремонту и техническому обслуживанию электро-возов, электропоездов и тепловозов, выполняемых в различных депо, установлены нормативные коэффициенты (табл. XVIII-5) в сопоставимых единицах ремонта локо-мотивов. Условная величина «приведенный локомотив» соответствует трудоемкости, затраченной на ремонт ТР-2 электро-воза ВЛ22^м и равной 240 чел-ч.

Определение норм пробегов между ремонтами и сроков службы электро-подвижного состава и тепловозов. Наиболее выгодные нормы пробегов между ремонтами определяют аналитическим или графическим способом. Для учета экономических факторов при определении периодичности ремонта исходят из минимальных суммарных расходов на плановые и внеплановые (случайные) ремонты.

Для графического или аналитического способа отыскания наиболее выгодного пробега между ремонтами необходимо получить зависимости затрат на плановые ремонты C_1 (рис. XVIII-1), случайные ремонты C_2 с учетом покрытия убытков и суммарные расходы C в зависимости от пробегов между ремонтами. Оптимальный пробег $L_{опт}$ находится построением зависимостей изменения расходов от пробега: он соответствует точке минимума суммарных затрат.

Аналитически оптимальный пробег определяется по формуле

$$L_{опт} = \sqrt[3]{\frac{K_1}{2K_2}},$$

где K_1, K_2 — коэффициенты пропорциональности зависимостей изменения суммарных расходов на плановые и внеплановые ремонты от пробега.

Суммарные расходы

$$C = \frac{K_1}{L_{опт}} + K_2 L_{опт}^2.$$

Экономически наиболее целесообразен такой срок службы электроподвижного состава (в годах), который обеспечивает минимальные среднегодовые затраты, связанные с ремонтом и амортизационными отчислениями на возобновление (рено-вацию):

$$t = \sqrt{\frac{2A}{b}},$$

где b — возрастающая часть расходов на ремонт;

A — среднее значение восстанови-тельной стоимости локомотива, электросекции, электропоезда.

Важнейшей величиной для определе-ния пробегов между периодическими ремон-тами электро-возов ВЛ22^м, ВЛ23 с обточ-кой колесных пар является оптимальная норма проката, при которой экономически целесообразно производить обточку бан-

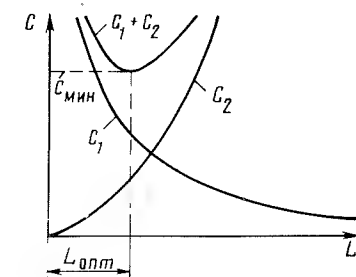


Рис. XVIII-1. Определение опти-мального пробега электро-воза меж-ду ремонтами графическим спосо-бом

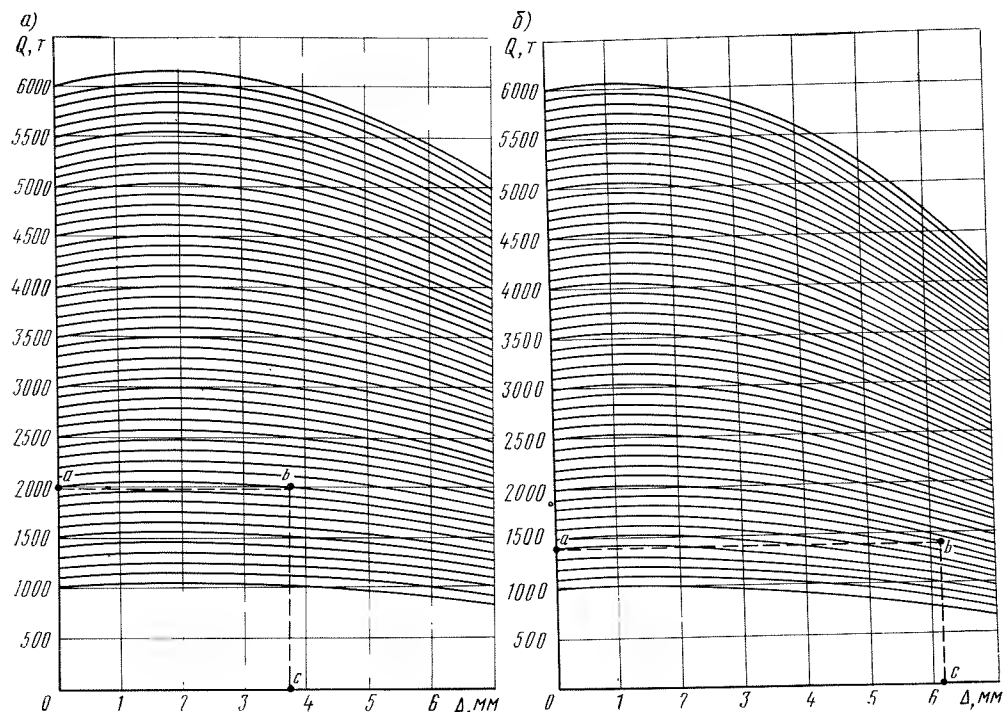


Рис. XVIII-2. Зависимость величины проката бандажей от массы состава на участках пути с радиусом кривых более 500 м (а) и менее 500 м (б)

дажей. На основании исследований разработаны и утверждены специальные методические указания для определения величины проката Δ , при котором следует производить обточку бандажей колесных пар без их выкатки из-под электровозов, работающих на конкретных участках, на основании зависимости массы состава от величины пробега Q (Δ) для участков обращения электровозов, обслуживающих грузовые поезда, на расчетном подъеме с радиусом кривых более 500 м (рис. XVIII-2, а) и менее 500 м (рис. XVIII-2, б).

Для участков обращения электровозов, на которых сила тяги по сцеплению реализуется полностью (т. е. расчетный вес и вес состава, установленные графиком движения поездов, совпадают), порядок определения оптимального проката бандажей, при котором необходимо производить обточку, следующий:

определяется расчетный вес состава по сцеплению на заданном участке обращения электровозов с точностью до 100 тс. При этом величина расчетного подъема принимается с учетом сопротивления от кривых;

по рис. XVIII-2, а или рис. XVIII-2, б (в зависимости от радиуса кривых на расчетном подъеме) находится кривая Q (Δ), для которой вес состава при нулевом прокате соответствует расчетному весу;

из точки a пересечения данной кривой с осью ординат проводится горизонталь до пересечения ее с этой же кривой. Из найденной точки b пересечения горизонтали

306

с кривой проводится перпендикуляр до пересечения его с осью абсцисс c . Полученный прокат является оптимальным.

XVIII-2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ОБОРОТНОГО ФОНДА АГРЕГАТОВ

На железнодорожном транспорте в основном принят агрегатный метод ремонта электроподвижного состава по потоку. При агрегатном методе ремонта основные компоненты механического и электрического оборудования направляют для ремонта в соответствующие цехи, а на их место устанавливают взятые из оборотного фонда заранее отремонтированные комплекты оборудования.

Агрегатный метод ремонта может осуществляться в тех случаях, когда предусматривается съёмка с места установки агрегата. Наиболее эффективное использование агрегатного метода достигается при подъёмочном и заводских ремонтах.

Для определения размера оборотного фонда агрегатов необходимо иметь следующие исходные данные: годовую программу ремонта, установленную норму простоя в ремонте; график технологического процесса; время от начала демонтажа до начала монтажа по каждому агрегату в отдельности; продолжительность ремонта агрегатов с учетом времени на транспортировку и межоперационные ожидания.

Определение технологического запаса K агрегатов и объема n и n_k ремонта локомотивов в зависимости от элементов времени ремонтно-сборочного процесса производится по формулам:

при количестве одновременно ремонтируемых локомотивов $q = 2, 3, 4$ и т. д. и постоянном интервале времени t_1 между постановками локомотивов в ремонт:

$$K = \left(\frac{t_3 - t_4}{t_1} \right) q, \quad (\text{XVIII-1})$$

$$K = \frac{(t_3 - t_4)(n - q)}{T - t_2}, \quad (\text{XVIII-2})$$

$$n = \frac{K(T - t_2)}{t_3 - t_4} + q, \quad (\text{XVIII-3})$$

$$t_1 = \frac{(T - t_2)}{n - q} q; \quad (\text{XVIII-4})$$

то же при $q = 1$

$$K = \frac{t_3 - t_4}{t_1}, \quad (\text{XVIII-5})$$

$$K = \frac{(t_3 - t_4)(n - 1)}{T - t_2}, \quad (\text{XVIII-6})$$

$$n = \frac{K(T - t_2)}{t_3 - t_4} + 1, \quad (\text{XVIII-7})$$

$$n_{k=1} = \frac{T - t_2}{t_3 - t_4} + 1, \quad (\text{XVIII-8})$$

$$t_1 = \frac{T - t_2}{n - 1}, \quad (\text{XVIII-9})$$

где T — отчетный период времени (год, квартал, месяц), на который задается программа ремонта локомотива;

t_2 — продолжительность простоя локомотивов в ремонте по графику технологического процесса;

t_3 — продолжительность ремонта агрегата в депо с учетом всех видов внутридеповской транспортировки и времени межоперационного ожидания;

t_4 — продолжительность времени от окончания демонтажа агрегата до подачи данного наименования агрегата для монтажа по графику технологического процесса ремонта локомотива.

Запас агрегатов, предназначенный для компенсации выбывающих агрегатов в плановые виды ремонта вне депо, —

$$\sigma_1 = \frac{n_1 t_1^p + \dots + n_k t_k^p}{T}, \quad (\text{XVIII-10})$$

а запас агрегатов, предназначенный для компенсации выбывающих агрегатов в неплановый ремонт, —

$$\sigma_2 = \frac{n_{\text{ц}} t_{\text{ц}} + n_{\text{д}} t_{\text{д}}}{T}, \quad (\text{XVIII-11})$$

где t^p — средневзвешенное суммарное время (в сутках) исключения данного наименования агрегата из эксплуатации для производства планового вида ремонта вне депо (технологическое, погрузка, выгрузка, транспортировка в оба конца и межоперационное время);

n^p — общее количество сменных агрегатов (определенного наименования), подлежащих плановым видам ремонта вне депо за отчетный период;

$n_{\text{ц}}$ — общее количество агрегатов (определенного наименования) внепланового ремонта, подлежащих ремонту вне депо, за отчетный период времени;

$n_{\text{д}}$ — то же, подлежащих ремонту в условиях данного депо;

$t_{\text{ц}}$ — суммарное время (в сутках) исключения данного наименования агрегата из эксплуатации для производства внепланового ремонта вне депо (технологическое, погрузка, выгрузка, транспортировка в оба конца и межоперационное время);

$t_{\text{д}}$ — то же, в условиях депо (технологическое, межоперационное время и время на внутридеповскую транспортировку).

Оборотный фонд агрегатов данного наименования

$$M_c = K + \sigma_1 + \sigma_2. \quad (\text{XVIII-12})$$

Технологический запас агрегатов при смешанной программе ремонта в одном производстве

$$K = \frac{t_3^{\text{л}} - t_4^{\text{л}}}{t_1^{\text{л}}} \text{ или } K = \frac{(t_3^{\text{л}} - t_4^{\text{л}})(n_{\text{л}} + n_{\text{т}} - 1)}{T - t_2^{\text{л}}}. \quad (\text{XVIII-13})$$

Время

$$t_2^{\text{л}} = \frac{n_{\text{л}} t_2^{\text{л}} + n_{\text{т}} t_2^{\text{т}}}{n_{\text{л}} + n_{\text{т}}}, \quad (\text{XVIII-14})$$

$$t_1^{\text{л}} = \frac{T - t_2^{\text{л}}}{n_{\text{л}} - n_{\text{т}} - 1}. \quad (\text{XVIII-15})$$

Обозначения с индексом «л» относятся к периодическим ремонтам, а с индексом «т» — к подъёмочным и заводским ремонтам локомотивов данного типа при агрегатном методе выполнения в одном ремонтном пункте (смешанная программа ремонта).

Величины T , t_1 , t_2 , t_3 , и t_4 рекомендуется брать в сутках или долях суток, при этом если значения указанных времен даны в часах, то для перевода их в сутки необходимо эти часы разделить на 16 при двухсменном и на 24 — при трехсменном режиме работы данного производства.

В формулах (XVIII-1), (XVIII-2), (XVIII-5) и (XVIII-6), если значения $K \leq 0$, то потребности в технологическом запасе данного наименования агрегатов нет. Если же значение $K > 0$, тогда потреб-

ное количество технологического запаса агрегатов будет следующим:

при $1 > K > 0$ — 1 комплект
 » $2 > K > 1$ — 2 »
 » $3 > K > 2$ — 3 » и т. д.

Пользуясь формулами (XVIII-1) — (XVIII-3) и (XVIII-5) — (XVIII-7), следует помнить, что когда установленное время начала монтажа агрегата (из технологического запаса) будет совпадать с окончанием демонтажа аналогичного агрегата (локомотива), или наступит позже, то знаки в выражении $(t_3 - t_4)$ должны оставаться неизменными. Если же начало монтажа агрегата должно наступать раньше, чем окончание демонтажа аналогичного агрегата, то значение t_4 необходимо брать со знаком (—) и тогда выражение $(t_3 - t_4)$ будет иметь вид $(t_3 + t_4)$.

В формуле (XVIII-10) при определении количественного значения σ следует руководствоваться действующими нормами периодичности ремонта, корректируя их на основании опытных данных. При отсутствии норм используются статистическими данными.

Формула (XVIII-11) соответствует случаю равномерного выхода агрегатов во внеплановый ремонт.

В случае же неравномерного выхода данных агрегатов — расчетное значение σ_2 следует суммировать с величиной g неравномерного выхода агрегатов, которая приближенно может быть определена как разность между среднеарифметическим g_n и наибольшим g_n значениями выхода их во внеплановый ремонт за отчетный период времени, т. е. $g = g_n - g_c$.

Технологический запас K определяется на тот вид ремонта агрегатов, который выполняется в условиях данного депо. Если же часть объема этого вида ремонта будет производиться на стороне, то при определении K значение n в формуле (XVIII-6) следует принимать соответствующим программе ремонта агрегатов определенного наименования. Часть агрегатов, ремонтируемых не в депо, должна войти в расчетную формулу при определении второй части σ_1 оборотного фонда. Номенклатура агрегатов, входящих в технологический запас оборотного фонда, определяется типовыми сетевыми графиками ремонта, утвержденными ЦТ МПС.

XVIII-3. ПРИНЦИПЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Сетевое планирование и управление (СПУ) основано на планировании определенного комплекса работ, отражающем их логическую последовательность, взаимосвязь и длительность, с последующей оптимизацией разработанного графика при помощи прикладной математики и вычислительной техники.

Применение сетевых графиков для планирования и производства ремонта электровозов следует рассматривать в тес-

ной связи с внедрением агрегатного метода ремонта, широкой механизации трудоемких процессов, созданием поточных линий. Для построения сетевого графика ремонта электроподвижного состава должны быть следующие данные: полный объем работ, выполняемых при данном виде ремонта локомотива, правила ремонта, указания ЦТ МПС и дороги по ремонту применительно к местным условиям, графики технологического процесса и технологические карты ремонта электровозов, сборники типовых технических обоснованных норм на выполненные работы, а также норм, действующих на предприятии.

Сетевой график ремонта ТР-2 (большого периодического) электровозов ВЛ8 показан на рис. XVIII-3, а тепловозов ТЭ3 и ТЭ7 депо Жмеринка Юго-Западной дороги — на рис. XVIII-4. Цифры без индекса — позиции обеих секций, с индексом А — позиции секции А, с индексом Б — секции Б. Определители основных работ даны в табл. XVIII-6.

Схема поточных линий при ремонте ТР-3 (подъемном) электровозов (рис. XVIII-5) и тяговых двигателей (рис. XVIII-6) в депо рекомендована как основа для проектирования и реконструкции депо. Поточно-конвейерная линия в цехе подъемного ремонта электровозов ВЛ60к показана на рис. XVIII-7. Поточные линии ремонта тепловозов, колесных пар и букс тепловозов показаны на рис. XVIII-8 и XVIII-9.

При небольшом объеме ремонта (см. табл. XVIII-6) поточные линии с линейным расположением ремонтных позиций неэкономичны и требуют для размещения неоправданно больших площадей. При таком объеме ремонта целесообразно конструировать поточные линии карусельного типа с движущимися монтажными и вспомогательными механизмами. Для использования полного объема здания поточно-конвейерные линии строят на балконах и в подземных помещениях.

При больших и малых периодических ремонтах электровозов и тепловозов внедряются механизированные стойла (рис. XVIII-10 и XVIII-11), оборудованные комплексом механизмов. Эти механизмы в большей части предназначены для ремонта механической части электровоза, вывески тяговых двигателей для осмотра и обточки коллекторов, для замены вкладышей моторно-осевых подшипников, для снятия и постановки зубчатых передач и др.

Сетевые графики материально-технического обеспечения ремонта локомотивов. Сетевой график материально-технического обеспечения тесно увязывается с сетевым графиком ремонта локомотива. Увязка с сетевым графиком ремонта состоит из трех основных элементов:

разбивка применяемых на ремонте локомотивов материалов и запасных частей на группы комплектов и распределение их по цехам (табл. XVIII-7, XVIII-8).

составление определителя работ по комплектованию, транспортировке и складированию групп комплектов материалов и запасных частей;

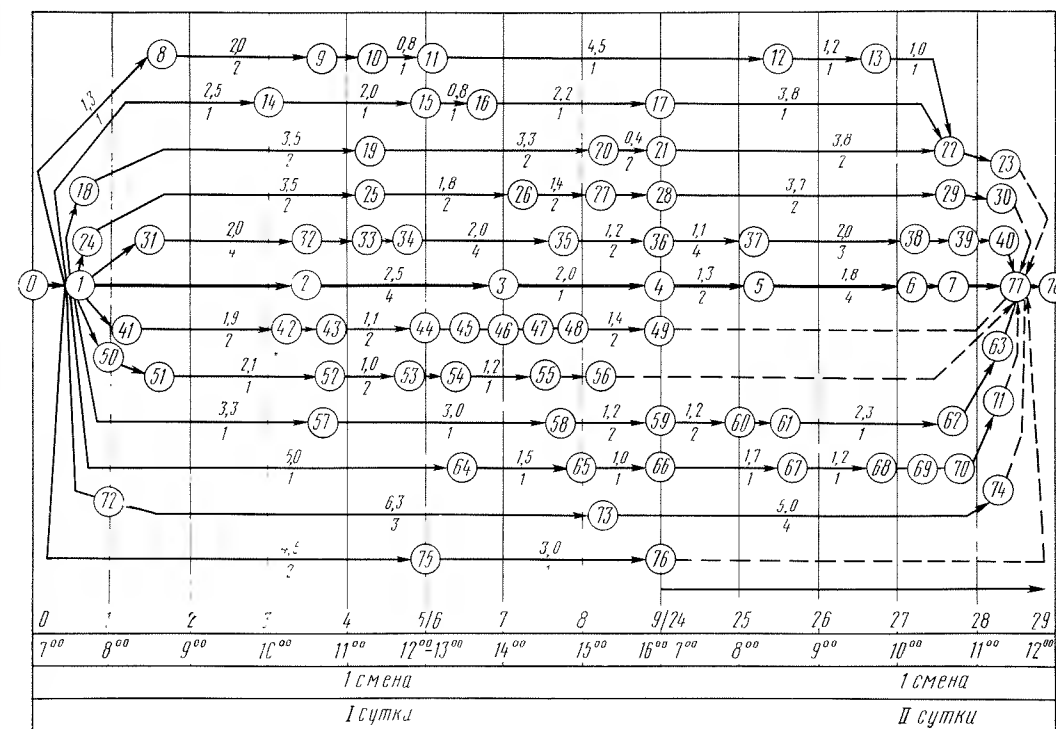


Рис. XVIII-3. Сетевой график ремонта ТР-2 (большого периодического) электровоза ВЛ8 (простой в ремонте 1,2 суток при пятидневной рабочей неделе):

0—1 — осмотр и постановка электровоза на ремонтное стойло; 1—2 — ревизия сочленения и опор с подъемом кузова; 2—3 — ревизия зубчатой передачи; 3—4 — ревизия моторно-осевых подшипников тяговых двигателей; 4—5 — проверка состояния подбивки шпак моторно-осевых подшипников и их заправка; 5—6 — ревизия букс; 6—7 — осмотр, ремонт и регулировка песочного оборудования; 7—77 — заправка смазкой кожухов зубчатой передачи и масленок сочленения; 77—78 — проверка работы электромеханических контакторов; 8—9 — осмотр и ремонт тормозных переключателей, реверсов, отключателей двигателей, переключателя вентиляторов; 9—10 — осмотр и ремонт разъединителей; 10—11 — осмотр и ревизия контактора вспомогательных цепей; 11—12 — осмотр и ремонт всех реле; 12—13 — осмотр и ремонт демпферного резистора вспомогательных машин, добавочного резистора вольтметров; 13—22 — осмотр и ремонт панели управления; 1—14 — осмотр и ремонт контроллеров машиниста; 14—15 — осмотр и ремонт кнопочных выключателей; 15—16 — осмотр и ремонт электрических печей; 16—17 — ревизия и ремонт низковольтной аппаратуры; 17—22 — ревизия межсекционных низковольтных соединений; 1—18 — демонтаж быстродействующего выключателя; 18—19 — осмотр и ремонт электропневматических контакторов; 19—20 — осмотр и ремонт групповых переключателей; 20—21 — монтаж быстродействующего выключателя; 21—22 — ревизия межсекционных высоковольтных соединений; 22—23 — проверка секвенции групповых переключателей и схемы рекуперации; 1—24 — демонтаж крыш электровоза; 24—25 — демонтаж пусковых реостатов; 25—26 — продувка, ревизия пусковых реостатов; 26—27 — осмотр и ремонт токоприемников; 27—28 — осмотр и ремонт крышевых разъединителей и проходного изолятора; 28—29 — монтаж пусковых реостатов; 29—30 — перестановка крыш; 1—31 — обтирка букс и рессорного подвешивания; 31—32 — обтирка ходовых частей электровоза; 32—33 — обтирка крыш; 33—34 — обтирка кожухов зубчатой передачи; 34—35 — обтирка кузовов электровоза; 35—36 — протирка олов; 36—37 — обтирка низа кузовов; 37—38 — уборка машинного отделения; 38—39 — уборка высоковольтной камеры; 39—40 — уборка кабин; 1—41 — снятие автосцепки и зачистка хвостовиков; 41—42 — крепление узлов механической части; 42—43 — ревизия и ремонт ручных тормозов и рычажной передачи; 43—44 — ревизия пружинных подвесок тяговых двигателей; 44—45 — ревизия рессорного подвешивания; 45—46 — ревизия тормозных башмаков и колодок; 46—47 — дефектоскопия автосцепки; 47—48 — постановка автосцепки; 48—49 — ремонт окон, ветроотражателей и кронштейнов огнетушителей; 1—50 — осмотр приемных катушек АТСН; 50—51 — прозвонка приемных катушек АТСН; 51—52 — демонтаж, проверка на стенде и постановка электропневматических клапанов; 52—53 — ревизия АТСН; 53—54 — ревизия переключателей; 54—55 — ревизия приводов и редукторов скоростмеров с заправкой смазкой; 55—56 — проверка состояния радиоантенны, стоек и изоляторов; 1—57 — осмотр и ремонт песочного оборудования под воздухом и устранение утечек; 58—59 — смена и ремонт кранов главных резервуаров и концевых кранов; 59—60 — разборка, ремонт и сборка кранов машиниста; 60—61 — ремонт редукторов кранов машиниста; 61—62 — ремонт кранов вспомогательного тормоза; 62—63 — ремонт и регулировка ЭПК; 1—64 — ревизия компрессоров КТ-0; 64—65 — ревизия тормозных цилиндров; 65—66 — ремонт трехходового крана; 66—67 — ремонт комбинированных кранов и кранов двойной тяги; 67—68 — ремонт электропневматических клапанов тифонов, свистка, песочниц; 68—69 — ремонт промежуточного клапана песочниц и ручного клапана тифона; 69—70 — ремонт пневматических блокировок дверей высоковольтной камеры и стеклоочистителей; 70—71 — ремонт ручных насосов; 1—72 — продувка сеток жалюзи; 72—73 — ревизия выводных кабелей тяговых двигателей; 73—74 — ревизия тяговых двигателей; 1—75 — ревизия вспомогательных машин, преобразователей, мотор-вентиляторов, мотор-компрессоров; 75—76 — снятие фасок с коллекторов тяговых двигателей

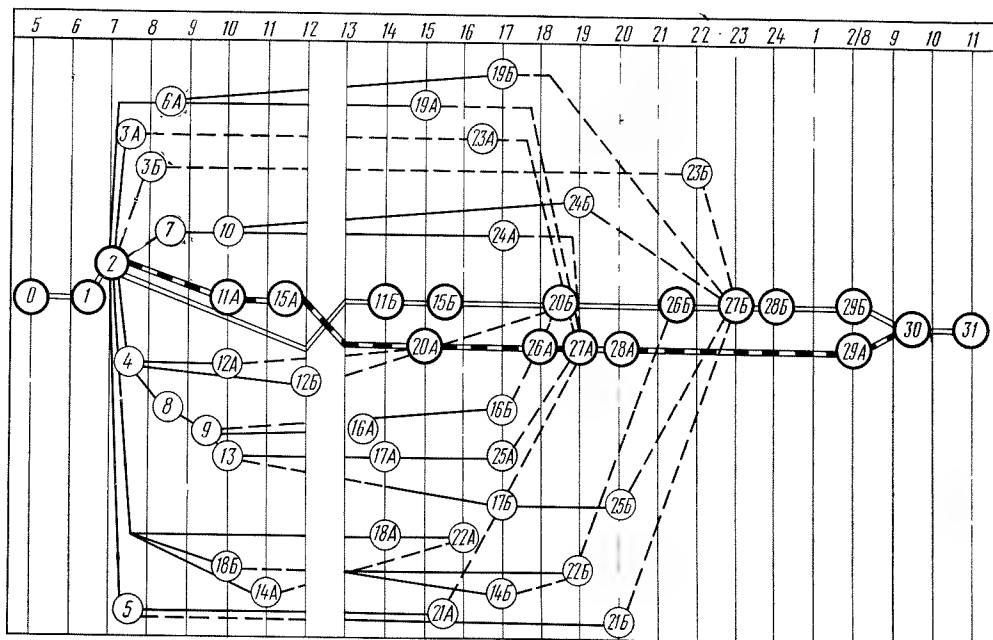


Рис. XVIII-4. Сетевой график ремонта ТР-2 (большого периодического) тепловозов ТЭ3, ТЭ7 (см. табл. XVIII-6)

Таблица XVIII-6

Определители основных работ при ремонте ТР-2 (большом периодическом) тепловоза ТЭ3 (рис. XVIII-4)

Шифр	Наименование работы	Секция А			Секция Б		
		Начало работ, ч, мин	Конец работ, ч, мин	Резерв времени, ч, мин	Начало работ, ч, мин	Конец работ, ч, мин	Резерв времени, ч, мин
0—1	Разэкипировка тепловоза	5.00	6.30	0	5.00	6.30	0
1—2	Постановка тепловоза на ремонтное стойло	6.30	7.00	0	6.30	7.00	0
2—3	Снятие аккумуляторной батареи	7.00	7.30	0.30	7.00	8.00	0.30
2—4	Снятие маслопрокачивающего насоса	7.00	7.20	2.00	7.00	7.20	2.00
2—5	Снятие компрессора	7.00	7.25	0.35	7.00	7.30	0.30
2—6	Снятие топливоподкачивающего насоса. Подготовка дизеля к съёмке	7.00	8.50	1.30	7.00	8.30	3.30
2—7	Снятие электродвигателей оборудования	7.00	8.35	2.00	7.00	8.30	2.30
4—8	Снятие гидромеханического редуктора	7.20	8.30	1.30	7.30	8.30	3.30
8—9	Снятие глушителей и дренажных труб	8.30	9.20	1.30	8.30	9.30	2.00
7—10	Снятие электроаппаратов ВВК	8.30	10.00	2.00	8.30	10.00	2.00
2—11	Подготовка к съёмке и снятие капота и дизеля	7.00	10.00	0	7.00	14.00	2.00
4—12	Ремонт маслопрокачивающего насоса	7.20	10.00	4.00	7.30	12	2
9—13	Снятие вентиляторов охлаждения тяговых двигателей	8.30	10.00	2.00	9.30	10.00	2.00
2—14	Промежуточная ревизия букс	7.00	11.00	1.00	13.00	17.00	4.30
11—15	Постановка дизель-генераторной установки	10.00	11.30	0	14.00	15.30	0
9—16	Ремонт глушителей и дренажных труб	9.20	13.30	1.30	13.30	17.00	1.30

Шифр	Наименование работы	Секция А			Секция Б		
		Начало работ, ч, мин	Конец работ, ч, мин	Резерв времени, ч, мин	Начало работ, ч, мин	Конец работ, ч, мин	Резерв времени, ч, мин
13—17	Ремонт вентиляторов охлаждения тяговых двигателей	10.00	14.00	2	14.00	17.00	3.00
2—18	Снятие кожухов и шапок моторно-осевых подшипников. Ремонт и постановка	7.00	14.00	2	—	—	—
2—18Б	Смена фрикционных аппаратов и автосцепок	—	—	—	7.00	10.00	2.00
6—19	Ремонт топливопровода. Установка топливного насоса	8.80	15.00	4	8.30	17.00	6.00
15—20	Постановка капота и центровка дизеля	11.30	15.00	0	15.30	18.30	0
5—21	Ремонт автотормозного оборудования	7.25	15.20	3—40	13.00	20.00	3
18—22	Смена фрикционных аппаратов и автосцепок	14.00	16.00	2	—	—	—
18Б—22Б	Снятие кожухов и шапок моторно-осевых подшипников. Ремонт и постановка	—	—	—	13.00	19.00	2.30
3—23	Постановка аккумуляторной батареи	15.30	16.30	2—30	21.00	22.00	1.00
10—24	Ремонт электрооборудования и электроосвещения	10.00	17.00	2	10.00	19.00	4.00
17—25	Постановка вентиляторов охлаждения тяговых двигателей	14.00	17.00	2	17.00	20.00	3.00
20—26	Ремонт вспомогательного оборудования на тепловозе	15.00	18.00	0	18.30	21.30	0
26—27	Экипировка тепловоза	18.00	19.00	0	21.30	23.00	0
27—28	Запуск тепловоза	19.00	20.00	0	23.00	24.00	0
28—29	Реостатные испытания	20.00	2.00	0	24.00	8.00	0
29—30	Смена масла и масляных фильтров. Устранение недостатков после реостатных испытаний	8.00	9.30	0	8.00	9.30	0
30—31	Сцепка секций. Проверка работы электроаппаратов и приборов управления	9.30	11.00	0	9.30	11.00	0

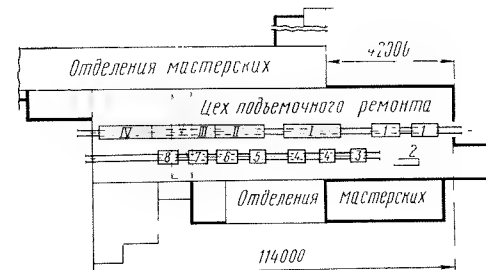
увязка сетевого графика ремонта с соответствующим комплектом материалов и запасных частей.

Технологический процесс материально-технического обеспечения цехов материалами и запасными частями состоит из основных операций: подбор комплектов ма-

териалов и запасных частей, погрузка и доставка из производственной кладовой в цехи депо. На основе этого составляется определитель работ, где вслед за шифром и наименованием работ указываются номера комплектов и стеллажей и все остальные показатели.

Рис. XVIII-5. Поточные линии на подъемном ремонте с позициями ремонта электровозов I—IV и позициями ремонта тележек I—8:

I — подъемка электровозов на домкратах, рыкатель тележек, демонтаж оборудования, ремонт рамы, подкатка отремонтированных тележек, съёмка тягового трансформатора; II — осмотр и ремонт низковольтной и высоковольтной аппаратуры; ремонт кузова, постановка тягового трансформатора; III — монтаж вспомогательных машин, электроаппаратуры, автотормозов, проверка секций; IV — установка крышевых люков, токоприемников, главного выключателя, заправка антифризом, проверка работы силовой цепи и цепи управления; I — разборка тележек; 2 — обмылка рамы; 3 — дефектировка и проверка рамы; 4 — ремонтные работы; 5 — окраска и сушка рамы; 6 — резервная; 7 — сборка на раме; 8 — сборка тележки



— Существующее здание
— Вновь пристраиваемое здание

Таблица XVIII-7

Распределение материалов и запасных частей по основным группам (для примера)

Группа комплектов	Характеристика запасных частей и материалов в группах комплектов	Примеры запасных частей и материалов
1	Запасные детали, подлежащие постановке при ремонте независимо от состояния заменяемых, определяемые правилами ремонта	Болты, гайки, прокладки, уплотнительные кольца, резиновые втулки и др.
2	Материалы повседневного пользования, которые ежедневно развозят по цехам	Обтирочные концы, бензин, технические салфетки и др.
3	Материалы постоянного хранения, которые пополняются в пределах, установленных нормами технологического запаса по информации диспетчера депо	Лаки, краски, изоляционная лента, войлок, текстурные ремни и др.
4	Запасные детали, постоянно находящиеся в кладовой в пределах технологического запаса	Пружины эластичного привода, адаптеры форсунок, питательные и нагнетательные клапаны, щеткодержатели и др.
5	Запасные части и аппаратура, ремонтируемые для депо другими предприятиями по кооперации	Автосцепки, воздухораспределители, манометры и др.
6	Градационные запасные части, сменяемость которых определяется их состоянием. Количество определяется нормами переходящих запасов (доставляются в цех по информации диспетчера)	Вкладыши шатунных и коренных подшипников, верхних и нижних поршней и др.
7	Материалы, завод которых в механический цех осуществляется один раз в неделю. Потребное количество материалов определяется количеством ремонтов	Углеродистая сталь, латунные трубки, электроды, наждачное полотно и др.

После комплектования групп и материалов и составления определителя работ начинают увязку с сетевым графиком ремонта локомотива. На этот график наносят соответствующие события материально-технического обеспечения ремонта локомотива, соблюдая те же условные обозначения,

что и при типовых сетевых графиках ремонта. Для отличия кружков события материально-технического обеспечения затеивается в нижней части. Те узлы и детали, которые лежат на критической линии сетевого графика ремонта с малым запасом времени, должны иметь соответствующий

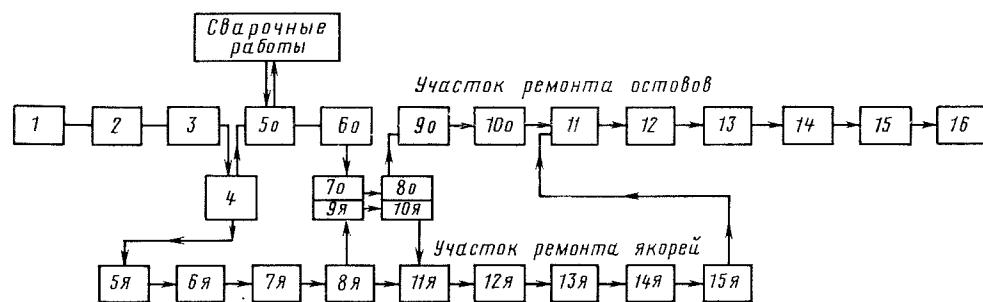


Рис. XVIII-6. Поточная линия ремонта тяговых двигателей при подъемном ремонте электровоза с позициями:

1 — подготовка тягового двигателя к ремонту; 2 — испытание тягового двигателя при холостом ходе; 3 — разборка тягового двигателя; 4 — обдув остова и якоря; 5я — механический ремонт якоря; 6я — электрический ремонт якоря; 7я — пайка коллектора якоря; 8я — бандажировка якоря; 9я — пропитка якоря; 10я — остывание якоря после пропитки и сушки; 11я — пропитка и шлифовка коллектора якоря на станке; 12я — продорозка коллектора; 13я — отделка якоря; 14я — динамическая балансировка якоря; 15я — испытание на динамическую прочность изоляции якоря на импульсной установке; 50 — разборка остова тягового двигателя; 60 — ожидание пропитки остова; 70 — пропитка остова тягового двигателя; 80 — остывание остова после пропитки и сушки; 90 — подготовка остова тягового двигателя к сборке; 100 — сборка остова; 11 — сборка тягового двигателя; 12 — испытание тягового двигателя при холостом ходе; 13 — испытание тягового двигателя на испытательной станции; 14 — отделка тягового двигателя после испытаний; 15 — постановка моторно-осевых подшипников и шапок; 16 — окраска и сушка тягового двигателя.

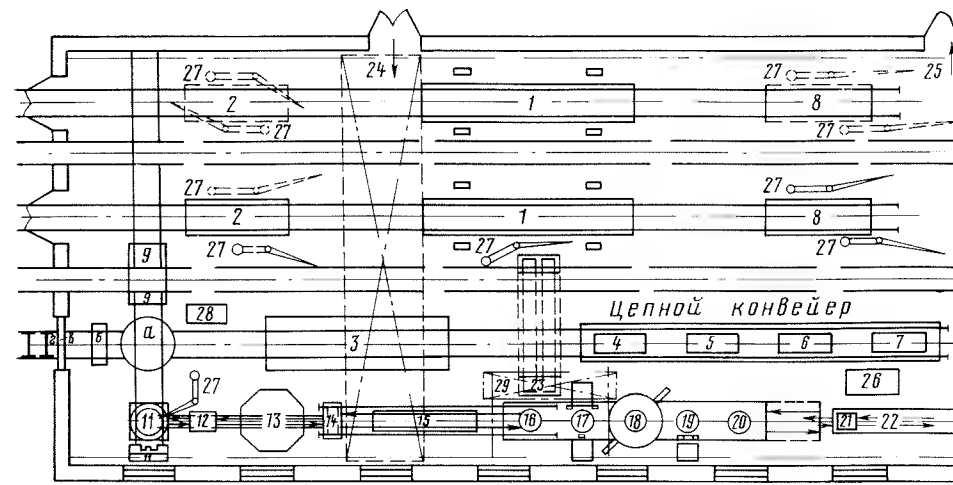


Рис. XVIII-7. Поточно-конвейерная линия в цехе подъемного ремонта электровозов ВЛ60к: 1 — подъемка кузова; 2 — механизированная разборка тележек; 3 — моечная машина ММД-12; 4, 5 — разборка рам тележек и их ремонт; 6 — сборка и покраска рам тележек; 7 — отстой готовых рам тележек; 8 — механизированная сборка тележек; 9 — накопитель колесно-моторных блоков; 10 — разборка колесно-моторных блоков; 11 — аккумуляторный буксировщик; 12 — передаточная тележка № 1; 13 — моечная машина тяговых двигателей; 14 — передаточная тележка № 2 (шасси); 15 — накопитель тяговых двигателей; 16, 17 — разборка тяговых двигателей; 18 — камера обдувки осовов; 19, 20 — ремонт осовов; 21 — передаточная тележка № 3; 22 — накопитель готовых осовов; 23 — подпольный накопитель отремонтированных подшипниковых щитов; 24 — выход из электромашиночного цеха; 25 — вход в электромашиночный цех; 26 — многоамперный агрегат для прогрева катушек; 27 — локтевые краны; 28 — ванна для кожухов и шапок моторно-осевых подшипников; 29 — кран-балка грузоподъемностью 3 т; а — поворотный круг; б — подъемник для удаления колесной пары; в — пневматическая штора; г — наружный накопитель колесных пар.

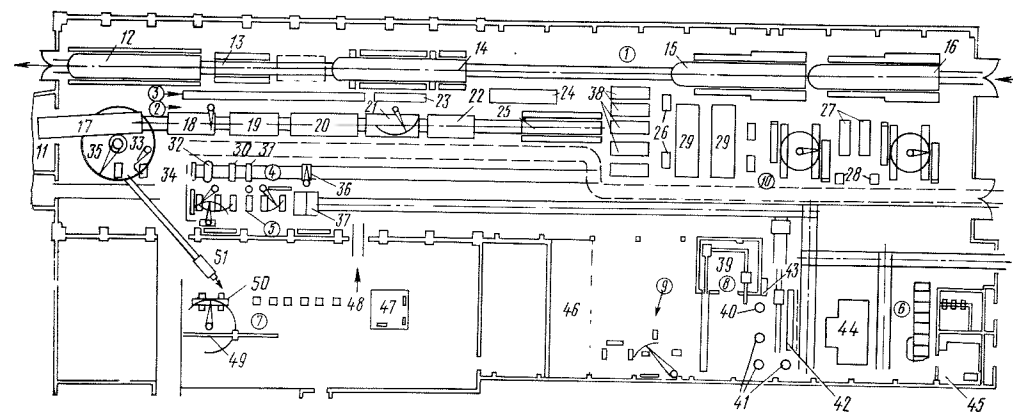


Рис. XVIII-8. Схема поточных линий ремонта тепловозов в локомотивном депо Жмеринка Юго-Западной дороги:

1 — главная поточная линия; 2 — линия ремонта рам тележек; 3 — линия ремонта рессорного подвешивания; 4 — линия ремонта моторно-осевых блоков; 5 — позиция сборки моторно-осевых блоков; 6 — поточная линия по ремонту букс и роликовых подшипников; 7 — линия ремонта тяговых двигателей; 8 — линия ремонта шатунно-поршневой группы; 9 — линия ремонта гильз; 10 — специализированные позиции ремонта дизелей; 11 — моечная машина ММД-13Б; 12 — экипировка; 13 — разборка тележек; 14 — смена тележек; 15 — центровка дизеля и постановка всех агрегатов; 16 — смена дизеля; 17 — тележка моечной машины; 18 — разборка рам; 19 — дефектоскопия рам; 20 — ремонт рам сваркой; 21 — сварка рам; 22 — окраска рам; 23 — готовые рессоры; 24 — готовые колесно-моторные блоки; 25 — сборка тележек; 26 — генераторы; 27 — стенд для колесчатых валов; 28 — масляная ванна; 29 — каюты; 30 — снятие упоров и крышек; 31 — снятие букс; 32 — моечная машина колесных пар; 33 — кран консольный; 34 — пульт управления; 35 — поворотный кран; 36 — стенд дефектоскопии колесных пар; 37 — стенд обкатки моторно-осевых блоков; 38 — запасные дизели; 39 — очистка поршней; 40 — разборка поршней; 41 — сборка поршней; 42 — ремонт шатунов; 43 — вакуумная установка; 44 — колесно-токарный станок; 45 — комплектация роликовых подшипников; 46 — автоматный цех; 47 — испытание электродвигателей после ремонта; 48 — выдача электродвигателей после ремонта; 49 — конвейер для ремонта подшипниковых щитов; 50 — кантователь; 51 — передача тяговых двигателей в электромашиночный цех.

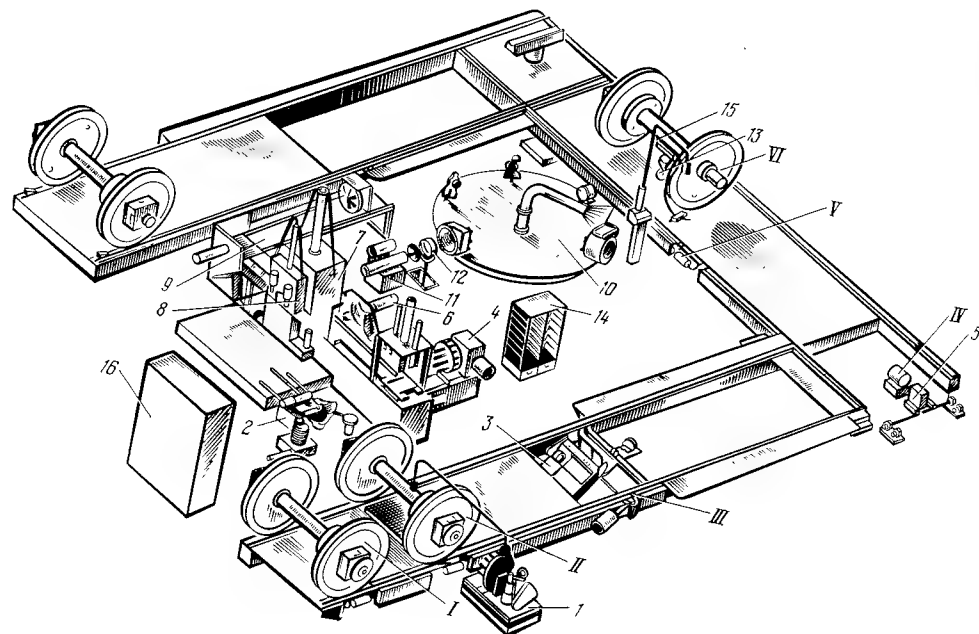


Рис. XVIII-9. Поточно-конвейерная линия ремонта колесных пар и букс тепловоза ТЭЗ:
I, V — позиции накопления; II — снятие и разборка букс на поворотном круге с электрическим приводом; III — позиция очистки средней части оси металлическими щетками; IV — дефектоскопия осей; VI — монтаж букс на шейках оси; 1 — многошпиндельный электрогайковерт для отвертывания болтов передних крышек букс; 2 — съемник букс; 3 — устройство для очистки средней части оси колесной пары; 4 — электрогайковерт для отвертывания болтов задних крышек букс; 5 — стенд для дефектоскопии осей; 6 — пресс

для выпрессовки подшипников из корпусов букс; 7 — моечная машина для мойки корпусов букс; 8 — моечная машина для мойки роликовых подшипников; 9 — стеллаж-накопитель букс; 10 — стол поворотный с кантователем для сборки букс; 11 — пресс для запрессовки подшипников и пульт управления поворотным столом, подъемником и прессом; 12 — подъемник; 13 — поворотное устройство для поворота колесной пары; 14 — стеллаж для накопления передних и задних крышек букс; 15 — консольный кран с гайковертом для завертывания болтов крышек; 16 — пульт управления поточной линией

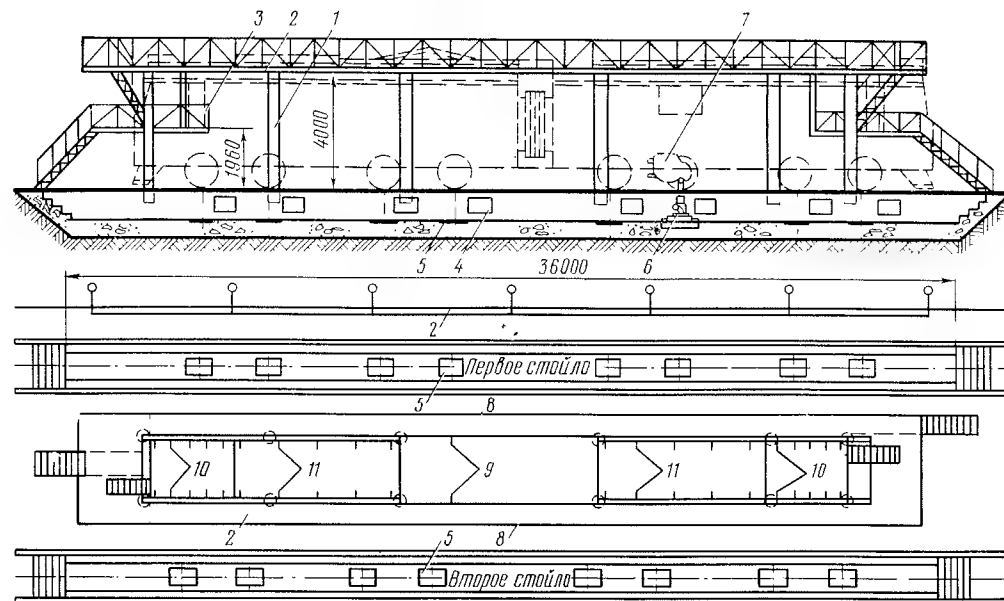


Рис. XVIII-10. Механизированные стойла и верхняя площадка со стойлами для ремонта электровозов ВЛ10 в депо Пенза Куйбышевской дороги:

1 — опора; 2, 3 — верхние и нижние площадки; 4 — ниша для воздухопровода; 5 — плита металлическая; 6 — тележка с электрическим домкратом; 7 — колесно-моторный блок; 8, 9 — наружное и внутреннее ограждение верхней площадки; 10, 11 — кронштейны для укладки малых и больших крыш

Рис. XVIII-11. Поперечный разрез междупутья механизированного стойла для периодического ремонта электровоза ВЛ10:

1 — колонна; 2 — верхняя площадка; 3 — снятая крыша; 4 — передвижная площадка для обтирки кузова; 5 — гофрированный шланг; 6, 7 — трубопроводы диаметром 420 и 219 мм горячего воздуха для сушки изоляции тяговых двигателей зимой; 8 — заслонка с положениями Сушка и Обдув; 9 — пылеотсасывающая установка; 10 — смотровая канава

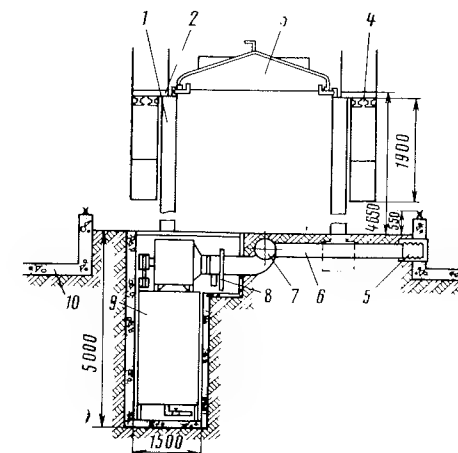


Таблица XVIII-8

Ведомость группировки и нумерации запасных частей, материалов, подлежащих доставке в цехи локомотивного депо при ремонте ТР-2 (большом периодическом)

Цехи	Группы комплектов						
	1	2	3	4	5	6	7
Подъемочного ремонта тепловозов	11/7	21/9	31/9	41/8	51/8	61/8	—
Дизель-агрегатный	12/7	22/7	32/7	42/7	—	—	—
Автоматный	13/12	23/12	32/12	43/12	53/12	62/12	—
Топливной аппаратуры	14/11	24/11	34/11	44/11	—	—	—
Фильтрокомплекточный	15/15	25/15	35/15	—	—	—	—
Контрольно-измерительных приборов	16/1	26/1	36/1	—	56/1	—	—
Электроаппаратный	17/6	27/6	37/6	45/6	—	—	—
Механический	—	—	—	—	—	—	71/10

Примечание. В числителе: первая цифра означает группу, вторая — порядковый номер комплекта, входящего в данную группу. В знаменателе — порядковый номер комплекта, входящего в данную группу.

Таблица XVIII-9

Минимальное количество ремонтов и технических обслуживаний в сутки, необходимых для организации поточного производства по расчету института Трансэлектропроект

Наименование ремонта или технического обслуживания	Измеритель	Минимальное количество в сутки для организации поточного производства
Тепловозы		
ТР-3 (подъемочный ремонт)	Секция	1
ТР-2 (большой периодический ремонт)	»	1
ТР-1 (малый периодический ремонт)	Тепловоз	2
ТО-3 (профилактический осмотр)	»	6
Электровозы		
ТР-3 (подъемочный ремонт)	Секция	1
ТР-2 (большой периодический ремонт)	»	1
ТР-1 (малый периодический ремонт)	Электровоз	4
ТО-3 (профилактический осмотр)	»	8

большой переходящий технологический запас. Координацию работы всех цехов и контроль сетевых графиков в депо осуществляют диспетчеры по ремонту.

В табл. XIII-9 приведено максимальное количество ремонтов и технических обслуживания в сутки, при котором целесообразно поточное производство.

XVIII-4. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА ПРИ ПОТОЧНОМ РЕМОНТЕ

Организация труда при поточном ремонте характеризуется следующими признаками:

разделением производственного процесса на составные одинаковые или кратные по трудоемкости операции и установлением рациональной их последовательности; закреплением операций за определенными рабочими местами и последовательным расположением рабочих мест и оборудования по ходу технологического процесса;

количеством рабочих мест по каждой операции, обеспечивающим поддержание установленного режима работы поточной линии;

выполнением всех операций с возможно меньшими перерывами, с единым для всей производственной цепи ритмом;

междооперационной передачей обрабатываемых деталей поштучно или партиями; работой на поточной линии одновременно на всех рабочих местах;

высокой степенью механизации и автоматизации технологического процесса.

Поточный метод как наиболее совершенная форма организации ремонта электроподвижного состава и тепловозов состоит в том, что их узлы перемещаются в строго определенной технологической последовательности с соблюдением установленных простоев на каждой позиции.

Время простоя частей и узлов на позициях потока рассчитывают исходя из установленных общих простоев в зависимости от вида ремонта и серии э. п. с.

Ритмичность в производстве характеризуется равномерным выпуском продукции предприятием по заданному графику в установленный срок. При непрерывном поточном производстве выпуск каждого объекта осуществляется через один и тот же интервал r , называемый тактом линии:

$$r = T/N,$$

где T — фонд рабочего времени за принятый период;

N — программа за тот же период.

При наличии перерывов в течение смены с учетом коэффициента использования рабочего времени k такт линии $r = kT/N$.

XVIII-5. СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕМОНТА

В управлении качеством ремонта особую роль играет введение наиболее эффективного контроля, позволяющего не только своевременно обнаруживать дефекты

и браки, но главным образом действовать профилактически — предотвращать причины возникновения дефектов и браков в дальнейшем путем оперативного управления технологическими процессами ремонта. Организационные принципы этого контроля состоят в осуществлении массового контроля качества исполнителями и оперативного контроля руководителями производства и общественностью.

Технические принципы построения контроля качества ремонта основываются на статистических методах как наиболее полно отвечающих задачам научного управления качеством. Эти методы успешно применяют в крупномасштабном серийном автоматизированном производстве, для условий которого разработаны специальные зависимости вероятного количества дефектных изделий в данной партии от объема выборки изделий, подлежащей статистическому контролю.

Специфика ремонтного производства, заключающаяся в том, что объем ремонтных операций каждого локомотива во многом определяется степенью износа его деталей и узлов, не позволяет использовать для контроля качества упомянутые выше зависимости. Поэтому принципы статистического контроля качества ремонта локомотивов заключаются в сопоставлении запланированных и фактически достигнутых статистических показателей качества (в частности, количества дефектов и браков) в ходе ремонтных операций.

Сущность статистического контроля качества ремонта локомотивов состоит в том, что, помимо текущего самоконтроля, периодически, через определенное количество отремонтированных локомотивов или через определенные промежутки времени непосредственный исполнитель совместно с мастером и руководителями депо определяют количество и виды обнаруженных дефектов и браков в ходе выполнения предписанных технологических операций при ремонте данного вида. Собранные таким образом сведения наносят на специальную контрольную карту или контрольный бланк, на основании которого определяют статистические характеристики данного вида ремонта оборудования (например, среднее количество дефектов данного типа, их дисперсию и т. п.). Сравнивая полученные характеристики и их числовые значения с наилучшими достигнутыми, принимают на основе анализа труда и производства решение, направленное на принятие своевременных мер для предотвращения возникающих ошибок, нетехнологичности отдельных операций в процессе ремонта для повышения качества, надежности и долговечности деталей и узлов локомотива.

Для практической реализации статистического контроля качества ремонта требуется разработать:

перечень деталей и узлов всех видов оборудования локомотива, подлежащих проверке при ремонте данного объема; перечень видов контроля применительно к каждому типу деталей и узлов оборудования локомотива;

нормативы времени на выполнение контроля по каждому виду ремонта.

Программу проверки и контроля качества целесообразно строить в виде совокупности комплексов последовательно реализуемых по времени технологического процесса ремонта определенных видов текущего и выходного контроля:

контроль исполнителями и мастерами пригодности ремонтируемых узлов и деталей для дальнейшей эксплуатации и выявление объема ремонтных работ. Нормативное время контроля T_1 ;

самоконтроль исполнителями качества своей работы за нормативное время T_2 . Перечень ремонтируемых деталей и узлов, которые находятся под личным контролем исполнителей, разрабатывается инженерно-техническим персоналом и утверждает начальником депо;

инспекционный контроль соблюдения установленной технологии ремонтных операций (осуществляется приемщиками, технологами, мастерами за время T_3);

выходной или технический контроль выявления соответствия выходных характеристик ремонтируемых узлов паспортным (осуществляется приемщиками, технологами, мастерами и исполнителями за оперативное время T_4);

контроль «по обратной связи» для привлечения внимания коллективов всех цехов депо к вопросам дальнейшего повышения качества ремонта (к обсуждению качества ремонта, выполненного в цехе подъемного ремонта, привлекается коллектив цеха периодического ремонта; в оценке качества ремонта, выполненного работниками цеха периодического ремонта, участвует коллектив цеха технического осмотра и т. д.);

общественный контроль качества, осуществляемый инспекторами по качеству и безопасности движения поездов.

Опыт внедрения системы бездефектного ремонта электровозов показывает, что суммарное время, отводимое на все виды контроля при надлежащем уровне ремонтного производства и ответственности исполнителей, не превышает 10—12% общего нормативного времени нахождения электровоза в ремонте. Поскольку контроль осуществляется в ходе самого ремонтного цикла параллельно с выполнением технологических операций, он не увеличивает времени нахождения локомотива в ремонте.

XVIII-6. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Сварка и наплавка. Восстанавливать наплавкой изношенные детали разрешается в пределах тех износков, которые обусловлены правилами ремонта или специальными указаниями.

Наплавка порошковыми проволоками. Порошковые проволоки применяют для восстановления деталей локомотивов, работающих в условиях интенсивного износа при динамических и вибрационных нагрузках (шкворни и шары сочленения тележек, автосцепка, детали тормозной си-

Таблица XVIII-10
Производительность наплавки порошковыми проволоками

Марка проволоки	Производительность наплавки, кг/ч, в зависимости от тока, А					
	200	300	400	500	600	700
ПП-ТН300	2,8	4,4	6,8	10,4	14,8	19,2
ПП-ТН500	2,4	4,0	6,4	10,0	14,4	18,8

стемы и рессорного подвешивания, шапки и остовы тяговых двигателей). Производительность наплавки приведена в табл. XVIII-10.

Аргоно-дуговая сварка деталей из алюминиевых сплавов. Аргоно-дуговую сварку применяют для ремонта литых деталей из алюминиевых сплавов АЛ4 и АЛ5 (моноблоки дизеля М-756, рубашки блоков цилиндров, головка блоков цилиндров, корпус топливного фильтра и др.).

Технология предусматривает механическую V-образную разделку трещин или поврежденных мест с углом раскрытия 60—90°. Крупные детали подогревают до температуры 200—300° С, применяя электроды АМГ-6 или АЦМ-3. Режимы сварки деталей из алюминиевых сплавов даны в табл. XVIII-11.

Гальванические покрытия. При ремонте локомотивов и моторвагонного подвижного состава применяют гальванические покрытия. К ним относятся хромирование, осталивание, никелирование, меднение, цинкование, латунирование, оксидирование, анодирование, фосфатирование и лужение.

Хромирование. Перед хромированием детали шлифуют, промывают в бензине или ацетоне, производят электролитическое обезжиривание в электролите, декапируют, изолируют нехромируемые места. Состав электролита для электролитического обезжиривания:

Сода каустическая NaOH 40 г/л
Сода кальцинированная
Na₂CO₃ 40 »
Жидкое стекло Na₂SiO₃ 5—10 г/л
Примесей не более:
железо 8 »
хром трехвалентный . 7 »
медь 5 »

Время катодного обезжиривания 5—10 мин, анодного — 2 мин, плотность тока 10 А/дм², температура 60—80° С.

Таблица XVIII-11

Режимы сварки в зависимости от толщины стенок детали

Толщина стенок детали, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Сварочный ток, А
До 3	2	80—120
3—5	3	100—160
5—8	4	140—200
Свыше 8	5	180—280

Таблица XVIII-12

Состав электролита для хромирования

Назначение хромированного покрытия	Концентрация, г/л			
	Хромовый ангидрид CrO ₃	Серная кислота H ₂ SO ₄	Хромистый ангидрид Cr ₂ O ₃	Железо Fe
Твердое хромирование	150—200	1,5—2,0	До 4	До 6
Твердое хромирование и защитно-декоративное покрытие	200—250	2,0—2,5	Более 5	Более 5
Защитно-декоративное хромирование	300—350	3,0—3,5	» 6	» 4

Состав электролита для хромирования приведен в табл. XVIII-12.

Время, необходимое для получения заданной толщины слоя хрома,

$$T = \frac{hJ \cdot 1000}{CD_{\text{Kra}}},$$

где h — толщина слоя хрома, мм;
 J — плотность тока (6,9—7,1 г/см²);
 D_K — плотность тока, А/дм² (обычно 30—50 А/дм² при 50—60° С);
 C — электрохимический эквивалент (0,324 г/А · ч);
 a — выход хрома по току, %.

Толщина слоя хрома, наносимого за 1 ч, приведена в табл. XVIII-13.

Пористое хромирование (отличающееся от твердого введением операции травления покрытия для выявления сетки трещин после наращивания осадка) применяется для деталей, работающих в режиме полусухого трения, при больших удельных давлениях и высоких температурах (шкворни межтележечных соединений электропоездов, валики рессорного подвешивания, гильзы цилиндров, дизелей тепловозов и их поршневые кольца).

Осталивание — это электролитический процесс выделения железа из водного раствора (электролита) при прохождении постоянного тока низкого напряжения. Нормальный процесс осталивания происходит в электролите с содержанием 200 г/л двуххлористого железа.

Для приготовления электролита отбирают стружку малоуглеродистой стали марки 10 или 20 и обезжиривают в 10%-ном растворе каустической соды; в приготовленный раствор дистиллированной воды и соляной кислоты загружают стружку.

Все детали готовят к осталиванию в такой последовательности: механическая обработка, электрическое обезжи-

ривание, промывка бензином или выжигание смазки; зачистка наждачной шкуркой участков, подлежащих покрытию; изоляция участков, не подлежащих покрытию; обезжиривание карбидным илом; промывка холодной водой и контроль качества обезжиривания; анодное травление, промывка холодной водой; прогрев в горячей воде; декапирование без тока; осталивание; промывка в холодной и горячей воде; демонтаж детали и снятие изоляции; нейтрализация в щелочи; промывка в горячей воде; промасливание и термообработка; механическая обработка до требуемого размера.

Электролитическое обезжиривание проводят в ванне с 20—30%-ным раствором каустической соды при 70—80°. Деталь без тока выдерживают 15—20 мин, затем на аноде 5—7 мин при плотности тока 10—15 А/дм² и 3—4 мин на катоде.

Для равномерного распределения осталенного слоя по всей поверхности обрабатываемой детали необходимо применять диэлектрический кислотостойкий экран. При отсутствии таких экранов магнитные силовые линии сгущаются у концов детали и концентрируют отложение металла.

Изоляцию участков детали, которые не должны иметь гальванических покрытий, следует производить эбонитом или толстой резиной (в виде защитных чехлов), хлорвиниловым пластиком, бакелитовым лаком, несколькими слоями цепон-лака или клеем ВФ-2.

Для травления детали состав электролита подбирают в зависимости от материала детали и ее термообработки. Так, для травления сталей и чугуна используют 20—30%-ный раствор серной кислоты с добавкой 10 г/л серного железа. Травление деталей, изготовленных из медных сплавов, производят в концентрированной азотной кислоте в течение 3—5 с с последую-

Таблица XVIII-13

Толщина слоя хрома при хромировании деталей за 1 ч

Выход по току, %	Толщина слоя хрома, мк, при плотности тока, А/дм ²							
	15	20	25	30	35	40	45	50
10	7	9	12	14	17	19	21	24
13	9	12	15	18	22	25	27	31
15	11	14	18	22	25	28	32	35

Таблица XVIII-14

Изменение микротвердости осадка в зависимости от условий электролиза (FeCl₂ · 4H₂O)

Температура электролита, °С	Плотность тока, А/дм ²	Микротвердость осадка кгс/мм ² при плотности электролита		Температура электролита, °С	Плотность тока, А/дм ²	Микротвердость осадка кгс/мм ² при плотности электролита	
		200 г/л	500 г/л			200 г/л	500 г/л
40	5	—	480	80	5	250	—
	20	—	590		20	460	—
	40	—	640		40	525	—
	60	—	645		60	560	—
	80	—	650		80	590	—
60	5	460	350	90	5	200	160
	20	550	510		20	400	250
	40	590	550		40	465	365
	60	605	580		60	490	425
	80	610	605		80	510	470

щим декапированием в 15-процентном растворе серной кислоты в течение 10—15 с. Температура травления в обоих случаях не должна быть выше 20° С.

Для чугуна и среднеуглеродистых сталей без закалки принимают режим 20—30 А/дм². Повторное травление осталенной поверхности детали производят при 60—70 А/дм². Время травления 1—2 мин. После травления деталь должна иметь однородную, чистую, серебристо-матовую поверхность с очень слабой желтизной. Наличие на поверхности темных пятен, серого налета и следов травильного шлама не допускается. Чтобы поверхностный слой деталей в начале процесса покрытия имел температуру, равную электролиту, детали подогревают в течение 0,5—2 мин в ванне с горячей водой при температуре на 5—10° С выше, чем температура ванны осталивания. Несоблюдение этого условия приведет к охлаждению электролита в прилегающем к детали слое и к снижению спелости всего наносимого слоя.

Декапируют детали в ванне осталивания. При этом деталь выдерживают без тока в течение 0,5—2 мин. Время декапирования подбирают опытным путем в зависимости от детали и условий электролиза (температура электролита, кислотности, концентрации двуххлористого железа).

Осталивание производят в электролите, состоящем из двуххлористого железа 200—250 г/л и соляной кислоты 0,8—1,5 г/л. Температуру электролита и плотность тока выбирают в зависимости от твердости и толщины слоя, необходимых для осталиваемой детали (табл. XVIII-14). Хорошее качество покрытия с микротвердостью 500—600 кгс/см² получается при толщине его не более 1,5 мм. Припуск на обработку (под шлифовку) рекомендуется принимать 0,2—0,25 мм и 0,4—0,45 мм для токарной обработки.

Плотность тока при осталивании в начальный момент должна быть 5 А/дм², затем ток постепенно в течение 10—20 мин повышают до расчетной величины.

Если при осталивании произошел перерыв процесса, то перед последующим покрытием необходимо вынуть деталь из ванны, промыть горячей водой, провести анодную обработку в серной кислоте, промыть деталь горячей водой и повесить ее снова в ванну.

Остатки кислоты после промывки детали нейтрализуют в 10-процентном растворе щелочи. Термообработывают деталь в масляной ванне при температуре 100—150° С в течение 15—30 мин. После этого деталь снова нейтрализуют и обезжиривают.

Для уменьшения влияния температуры на твердость электролитического железа, увеличения скорости его осаждения, а также для применения холодного электролита, сокращающего потребность в вентиляции установок, в последнее время проведены работы по использованию переменного асимметричного тока с регулированием его асимметрии (табл. XVIII-15).

Никелирование. Перед никелированием детали полируют; места, не подлежащие никелированию, изолируют; деталь обезжиривают, промывают в проточной воде и декапируют. После никелирования про-

Таблица XVIII-15

Зависимость микротвердости электролитического железа от коэффициента асимметрии тока

Коэффициент асимметрии переменного тока промышленной частоты	Микротвердость, кгс/мм ² при плотности тока, А/дм ²		
	5	15	30
2	170	200	200
3	220	300	400
4	350	450	500
5	530	560	600

Таблица XVIII-16

Составы электролитов для никелирования легкими полирующимися осадками и режим работы ванны

Состав электролита и показатели работы ванны	Ванна для получения тонких осадков никеля	Ванны для получения толстых осадков никеля	
		I	II
<i>Состав электролита, г/л</i>			
Сернокислый никель ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	70—100	140—210	400—450
Хлористый никель ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	—	—	30
Сернокислый натрий ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	—	80—160	—
Хлористый натрий (NaCl)	15	—	—
» калий (KCl)	—	20	—
Борная кислота (H_3BO_2)	20	20	20
<i>Режим работы ванны</i>			
Кислотность pH	5,4±0,2	5,4±0,2	5±0,5
Температура, °C	20—40	30—40	50
Плотность тока, А/дм ² : при перемешивании	—	2,5	до 10,0
без перемешивания	1	1,5	—
Выход по току, %	95	95	95

мывают в холодной проточной воде, затем в горячей воде и просушивают. Покрытие полируют и промывают в органическом растворителе.

Составы электролитов для никелирования и режим работы ванны приведены в табл. XVIII-16.

Во всех ваннах рекомендуется постоянная фильтрация электролита. Аноды, изготовленные из никеля марки Н-1, должны быть заключены в полотняные чехлы для улавливания спадающего с них шлема при растворении.

Хлористый никель можно заменять вдвое меньшим по массе количеством хлористого натрия, борную кислоту — эквивалентным количеством уксусно-кислого натрия.

Меднение. Пирофосфатные электролиты применяют для получения тонких слоев меди непосредственно на стали для улуч-

шения прирабатываемости трущихся поверхностей и предотвращения схватывания (втулки шкворневых соединений электро-возов, работающие с хромированными шкворнями, втулки рессор и др.).

Сернокислые электролиты применяют для покрытия медью никеля и меди и наращивания изношенных деталей (щеткодержателей электрических машин и др.). Продолжительность осаждения меди из кислого электролита приведена в табл. XVIII-17.

Цинкование применяют для предохранения от коррозии деталей машин, крепежных изделий и стальных труб. Цинк является анодным покрытием для черных металлов, защищая их даже в случае образования пор в покрытии. Перед цинкованием детали обезжиривают, промывают в горячей и холодной воде, протравливают в специальном травильном растворе, снова про-

Таблица XVIII-17

Продолжительность осаждения меди из кислого электролита при выходе ее по току 100%

Толщина слоя, мк	Продолжительность осаждения меди, мин, при плотности тока на катоде, А/дм ²										
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10
20	90	67,5	45	36	30	25,7	22,5	18	15	11,3	9
25	112	84,1	57,2	43,2	37,5	32,1	28,1	22,5	18,8	14,1	11,3
30	135	101,3	67,5	54,0	45	38,6	33,8	27	22,5	16,9	13,5
40	180	135	90	72	60	51,5	45	36	30	22,2	18
50	225	168,5	112	90	75	64,3	56	45	37,5	28	20,5
100	450	338	225	180	150	129	113	90	76	56	45
200	900	675	450	360	300	260	225	180	150	113	90
300	1350	1013	675	540	450	380	338	270	225	169	135
500	2250	1688	1125	900	750	640	563	450	375	281	185
1000	4500	3375	2250	1800	1500	1280	1126	900	750	562	250

Таблица XVIII-18

Состав цинковых кислых электролитов и режим работы ванны

Состав электролита и режим работы ванны	Детали относительно несложной формы	Детали с плоскими поверхностями	Декоративное покрытие деталей
Сернокислый цинк ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), г/л	~215	430—500	215—430
Сернокислый алюминий ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), г/л	~30	~30	30
Алюминиевые квасцы ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), г/л	45—50	45—50	—
Сернокислый натрий ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), г/л	50—160	50	50—160
Дисульфанафталиновая кислота $[\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{SO}_3 \times \text{H})]_2$, г/л	—	—	2—3
Декстрин ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), г/л	10	—	—
Кислотность, pH	3,8—4,4	3,8—4,4	3,8—4,4
Температура электролита, °C	18—25	18—25	18—25
Плотность тока, А/дм ² : без перемешивания	1—2	1—2	—
при перемешивании	3—5	3—10	3—8
Выход по току, %	98—100	98—100	98—100

мывают в холодной и горячей воде, подвергают крацеванию с последующей промывкой, декапированию в слабом растворе серной кислоты и промывают в проточной холодной воде.

После цинкования (табл. XVIII-18) детали промывают, пассивируют с последующей промывкой в холодной и горячей воде и просушивают в струе теплого воздуха.

Аноды изготовляют из электролитического цинка или с примесью 0,3% ртути и 0,5% алюминия.

Латунирование применяют для восстановления щеткодержателей вкладышей моторно-осевых подшипников и лучшей прирабатываемости деталей. В электролите, содержащем комплексные цианистые соли меди и цинка, при определенном режиме электролиза можно получить покрытия, представляющие собой сплав меди и цинка.

При латунировании применяют латунные катаные аноды марки Л62 или Л68 с содержанием меди 70±2% и цинка 30±2%. Использовать отдельно медные и цинковые аноды не рекомендуется.

Новые аноды должны быть подвергнуты обжигу, травлению в растворе HNO_3 (5-процентной концентрации) и очистке металлическими щетками.

Состав электролитов для латунирования и режим работы ванны:

Медь цианистая	27 г/л
Цинк цианистый	9 »
Натрий цианистый	54 »
В том числе свободный	16 »
Температура ванны	20—40°C
Плотность тока	0,1—0,5 А/дм ²

Корректирование ванны заключается в поддержании необходимой концентрации свободного цинка. Кроме того, для поддержания в электролите необходимой концентрации меди и цинка на постоянном уровне в раствор ванны периодически вводят соли

металлов. Скорость осаждения латуни при латунировании приведена в табл. XVIII-19.

Оксидирование повышает коррозионную устойчивость поверхностей деталей за счет создания окисных (оксидных) пленок. Оксидирование может осуществляться как химическим, так и электролитическим методом.

Таблица XVIII-19

Скорость осаждения латуни, содержащей 60—70% Cu и 30—40% Zn

Плотность тока, А/дм ²	Скорость осаждения латуни, мк/ч, при продолжительности процесса, мин			
	55	60	65	70
0,1	1,3	1,4	1,5	1,7
0,2	2,6	2,8	3,0	3,2
0,3	3,8	4,2	4,6	5,0
0,4	5,1	5,6	6,1	6,5
0,5	6,4	7,0	7,6	8,2

Перед электролитическим оксидированием детали обезжиривают, промывают в горячей и холодной воде, декапируют в слабом растворе серной кислоты и промывают в холодной проточной воде.

После оксидирования детали промывают в горячей непроточной, а затем в проточной воде, обрабатывают в кипящем мыльном растворе, снова промывают в горячей проточной воде и просушивают в струе горячего воздуха, затем промасливают в горячем масле и протирают.

Состав раствора и режим работы ванны для оксидирования стали:

Состав раствора

Едкий натр NaOH	650—700 г/л
Азотистокислый натрий NaNO ₂	200 »
Азотнокислый натрий NaNO ₃	50 »

Режим работы ванны

Плотность раствора	1,45
Температура кипения	138—142° С
Продолжительность процесса при температуре кипения	40—60 мин

Допускается отклонение отношения количества NaOH к общему количеству NaNO_3 и NaNO_2 в пределах 4:1 и 2:1.

Анодирование или глубокое оксидирование применяется для получения на алюминиевых сплавах твердых анодных пленок толщиной 50—100 мк (обычные методы анодного оксидирования создают оксидную пленку глубиной 3—15 мк).

Глубокое анодирование проводят в сернокислом электролите H_2SO_4 концентрацией 180—220 г/л при температуре от +3 до -2° С и плотности тока 2—5 А/дм².

Получаемые по этому методу пленки имеют хорошее сцепление с основным металлом, обладают высокими электро- и теплоизолирующими свойствами, маслостойки и хорошо противостоят износу истиранием. Твердость анодной пленки на чистом алюминии близка к твердости корунда (1 500 кгс/мм²), на алюминиевом сплаве ПС-12-375 твердость равна 515 кгс/мм². Пленка имеет серый или темносерый цвет с зеленоватым оттенком.

При выкрашивании или шелушении пленки, недостаточной твердости, рыхлости, повышенной хрупкости, наличии прижогов и при голубовато-белом цвете пленки детали подвергают повторному анодированию. Анодную пленку удаляют в растворе (натрий 12 г/л, фосфорно-кислый натрий 30 г/л, жидкое стекло 3 г/л) при температуре 60—70° С. Повторное анодирование допускается не более двух раз.

Фосфатирование предохраняет детали от окисления. Фосфатная пленка на поверхности изделия из стали образуется в результате взаимодействия металла с раствором дигидроортофосфатов железа и марганца. Перед фосфатированием изделия подвергают пескоструйной очистке, обезжириванию, травлению, промывке в содово-мыльном растворе, промывке в холодной и горячей воде и просушиванию. Состав растворов для фосфатирования и режим работы ванны приведен в табл. XVIII-20.

Процесс фосфатирования ускоряется при добавке в раствор окиси кальция в количестве, необходимом для образования дигидроортофосфата кальция. При корректировании ванны добавляют окись кальция в количестве 1—1,5 г/л.

Детали после фосфатирования промасливают минеральным маслом при 120° С до исчезновения пены с поверхности масла.

Лужение применяют при восстановлении полуды поршней. После очистки и осмотра поршня с него удаляют оставшуюся полуду в ванне:

Состав раствора

Едкий натр	100—150 г/л
Сода кальцинированная	40—50 »
Жидкое стекло	3—5 »

Режим работы ванны

Ток	150 А
Напряжение	9—10 В
Температура	70—80° С
Время очистки	1,5 ч

Затем поршень промывают в горячей и холодной воде, обезжиривают венской известью, промывают в холодной воде для удаления извести. Производят химическое декапирование — легкое протравление поверхности поршня в 15-процентной азотной (или хлорной) кислоте в течение 15—20 с, после чего промывают в холодной воде.

Лужение деталей производят в ванне:

Состав раствора

Сернокислое олово	55 г/л
Серная кислота	100 »
Карболовая кислота	10 »
Столярный клей	До 1 »

Режим работы ванны

Ток	15 А
Напряжение	3—5 В
Температура	18—20° С
Время лужения	45 мин

После лужения детали промывают в холодной, а затем в горячей (70—80° С) воде и сушат на воздухе.

Возможные неполадки в работе ванны: темные осадки указывают на наличие меди в электролите, которую удаляют проработкой ванны током при напряжении 1—1,5 В;

Таблица XVIII-20

Состав растворов для фосфатирования и режим работы ванн

Ванна	Состав раствора, г/л			Температура ванны, °С	Продолжительность фосфатирования, мин, после обработки деталей	
	«Мажеф»	Азотно-кислый цинк	Нитрит натрия		пескоструйной	травлением
Обычная	30—35	—	—	97—99	40—80	100—160
Ускоренная	30—35	55—65	—	97—99	10—15	25—35
Холодная	27—33	30—50	2—3	15—25	15—20	30—45

крупнокристаллическая структура покрытия — образуется вследствие нехватки клея и карболовой кислоты;

выпадение нерастворимого в электролите осадка вследствие недостатка серной кислоты.

XVIII-7. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ

Под технической диагностикой понимают определение технического состояния и контроль функционирования локомотива или поезда и любого из составляющих его устройств по внешним признакам или параметрам с использованием специальных средств и методов.

В основные задачи технической диагностики входят:

1-я группа — быстрое обнаружение отказов для восстановления работоспособности объекта;

2-я группа — измерение требуемых параметров и величин и накопление информации о техническом состоянии объекта для последующей обработки;

3-я группа — логическая обработка результатов измерения для распознавания параметрических отказов (постановки диагноза) и последующего восстановления технических характеристик объекта;

4-я группа — контроль функционирования системы управления и ее составляющих с целью обнаружения и фиксации отклонений параметров, величин и режимов от нормы для обеспечения безопасности движения, защиты оборудования от повреждений и выдачи рекомендаций по восстановлению работоспособности устройств объекта.

Все эти задачи выполняются техническими средствами диагностики (ТСД), из которых формируется система технической диагностики СТД (рис. XVIII-12).

К внешним относят средства, не имеющие постоянной связи с объектом и вступающие с ним только на период проверки — диагноза. Встроенные ТСД устанавливают непосредственно на объекте.

Универсальные средства, как правило, автоматические, представляют собой стационарные или передвижные установки, предназначенные для выполнения широкого комплекса контрольно-измерительных опе-

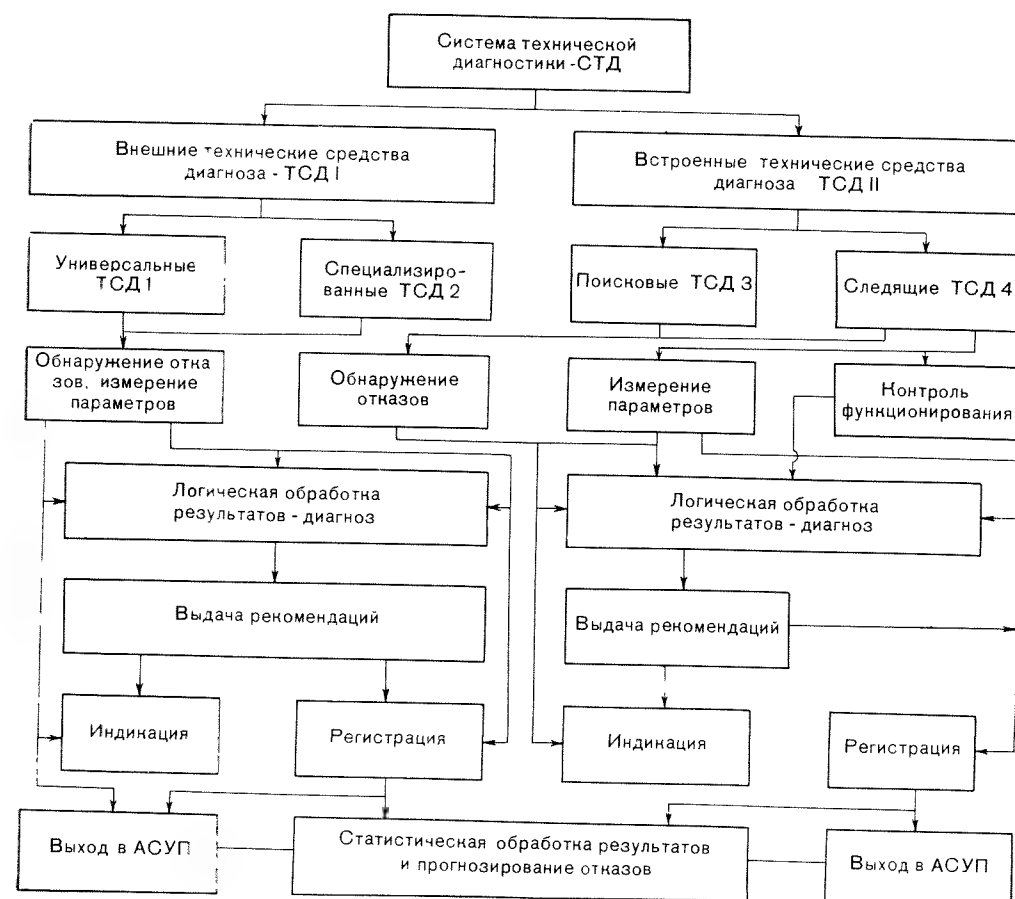


Рис. XVIII-12. Структура системы технической диагностики

Примерный перечень контрольных параметров и величин, измеряемых техническими средствами диагностики

Контрольная операция	Контролируемый объект, процесс или параметр	Группа технических средств диагностики ¹	Контролируемая подсистема управления ²				
			I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7	8
Проверка электрических цепей	1. Наличие — отсутствие цепи (обрыв)	3, 1, 2	×	×	×	—	—
	2. Наличие — отсутствие сигнала (короткое замыкание)	3, 1, 2, 4	×	×	×	—	—
Измерение электрического сопротивления постоянному току	1. Контакты	1, 2	×	×	—	—	—
	2. Провода	1, 2	×	×	×	—	—
	3. Обмотки	1, 2	×	×	×	×	—
	4. Резисторы	1, 2	—	×	×	—	—
	5. Полупроводниковые приборы	1, 2	—	×	×	—	—
	6. Изоляция	1, 2, 4	×	×	×	×	—
Измерение электрического сопротивления переменному току	1. Индуктивности	1	×	×	×	×	—
	2. Емкости	1	—	×	×	—	—
	3. Изоляция	1, 4	×	×	×	×	—
Измерение постоянного и переменного тока и его производных по времени	1. Токи срабатывания аппаратов	1, 2, 4	—	×	—	—	—
	2. Потребление тока устройствами	4, 1, 2	—	×	×	×	—
	3. Распределение тока по ветвям	4	—	—	×	×	—
	4. Мгновенные и амплитудные значения	4, 1	—	×	×	—	—
	5. Первая производная тока потребления по времени	1, 4, 2	—	×	×	×	—
	6. Вторая производная тока потребления по времени	4	—	—	—	×	—
Измерение напряжения постоянного и переменного тока и его производных по времени	1. Источники питания	4, 1, 2	×	×	×	×	—
	2. Срабатывание и отпускание аппаратов	1, 2, 4	—	×	—	—	—
	3. Уставка устройств потенциальной защиты	4, 1	—	—	×	—	—
	4. Участки электрических цепей	4, 3, 1, 2	—	×	×	×	—
	5. Полупроводниковые приборы	2, 1, 4	—	×	×	—	—
	6. Мгновенные и амплитудные значения	4, 1, 2	—	×	×	—	—
	7. Первая производная напряжения по времени	4	—	×	×	×	—
	8. Вторая производная напряжения по времени	4	—	—	—	×	—
	9. Высокочастотная составляющая напряжения на щетках электрических машин	4, 1	—	×	×	×	—
Контроль событий	1. Однократное импульсное изменение величины или параметра	1, 2, 4	—	×	×	—	—
	2. Число импульсов тока или напряжения	4, 1, 2	×	×	×	—	—
	3. Число импульсов в заданный интервал времени (частота)	4, 1	—	×	×	×	×
Измерение времени	1. Реакция аппаратов и устройств на поданное воздействие	1, 4, 2	×	×	×	—	—
	2. Одновременность и очередность событий	1, 2, 4	×	×	×	—	—
	3. Достижение заданного значения переменной величины	1, 4, 2	—	×	×	×	×
	4. Фазовые сдвиги	1, 4, 2	—	×	×	×	—

раций, необходимых для решения задач 1-й, 2-й и 3-й групп технического диагноза (ТД) локомотивов или моторвагонного подвижного состава. Специализированные средства, передвижные или переносные устройства служат для выполнения контрольно-измерительных операций и решения 2-й и 3-й группы задач.

Поисковые технические средства предназначены для решения 1-й группы задач ТД и представляют собой полуавтоматические устройства, которые вступают в действие по запросу машиниста при вынужденной остановке в пути. Следящие ТСД могут быть применены для решения всех групп задач ТД. Они представляют собой постоянно действующие автоматизированные устройства; их можно использовать в системе управления поездом и в АСУП. Во всех перечисленных видах ТСД результаты измерения и контроля подвергаются логической обработке для постановки диагноза или непосредственно поступают на выходные устройства.

Основные характеристики ТСД следующие:

разрешающая способность — возможность диагноза состояния объекта на уровне системы, подсистемы, устройства или блока, узла или модуля, элемента;

глубина диагноза, определяемая разрешающей способностью ТСД и возможностью оценки технического состояния объекта по традициям: годен — негоден, негоден по причине (указывается характер повреждения или параметрического отказа объекта), негоден по причине параметрического отказа объекта с количественной оценкой параметра или его отклонения от нормы;

назначение выходных устройств — индикация; регистрация; воздействия на объект для нейтрализации отказов, защиты или управления; выдача рекомендаций по техническому обслуживанию и алгоритму управления объектом;

технические данные и экономическая эффективность — надежность, оперативность управления и стыковки с объектом, быстродействие, точность и достоверность результатов, окупаемость и др.

Измеряемые параметры и величины. Техническое состояние объектов определяется по значениям комплекса его технических параметров или физических величин, измеряемых в процессе его функционирования. Под комплексом технических параметров понимают набор внутренних параметров, определяющих нормальное функционирование объект (табл. XVIII-21).

Программы технической диагностики. Любая проверка объекта состоит из подачи на объект совокупности самых различных воздействий (электрических, механических и др.) и анализа реакций объекта на эти воздействия. Реакции оцениваются измерением параметров и величин, приведенных в табл. XVIII-21. Процесс проверки представляет собой конечное множество шагов, используемых для подачи воздействий и измерения реакций. Содержание

и последовательность шагов определяются программой проверки.

Разработка программы выполняется в следующем порядке:

выбор контрольных параметров соответственно задаче диагноза и определение вида ТСД;

составление диагностической модели объекта и ее анализ для уточнения контрольных параметров, технических средств и определение неисправностей;

выбор требуемых характеристик ТСД; выбор контрольных точек стыковки объекта с ТСД; минимизация их числа с учетом конструкции и структуры объекта и оперативности стыковки;

разработка алгоритма контрольных операций и коммутации объекта и устройств ТСД; минимизируется содержание и число шагов;

техническая реализация разработанных алгоритмов соответственно выбранному виду ТСД (соединение элементов постоянного запоминающего устройства или программного блока либо нанесение программы на носитель).

Программа и процесс проверки технического состояния или функционирования объекта оптимизируются по длительности, достоверности, информативности, средней стоимости и другим критериям соответственно объекту и задаче диагностики. Наиболее сложным является составление диагностической модели объекта. Таким объектом в данном случае является система управления, под которой понимают комплекс технических устройств формирования управляющих воздействий, необходимых для управления локомотивом или поездом.

Система управления движением поезда с электрическим приводом является достаточно сложной и ее наиболее удобно представить рядом подсистем. В каждой подсистеме имеется свой объект управления, выходной параметр которого является входным для последующей подсистемы. Каждая подсистема имеет свое математическое описание условия нормального функционирования (рис. XVIII-13).

В подсистему I входит комплекс технических устройств для преобразования внешних ручных воздействий машиниста в электрические сигналы и распределение их по заданным адресам. Как правило подсистема состоит из контроллеров и кранов машиниста, выключателей и других аппаратов ручного управления.

Нормальное функционирование рассматриваемой дискретной подсистемы можно представить функцией

$$\{Z_I\}_k = \{X_I\}_k \cap \langle Y_I \rangle_k,$$

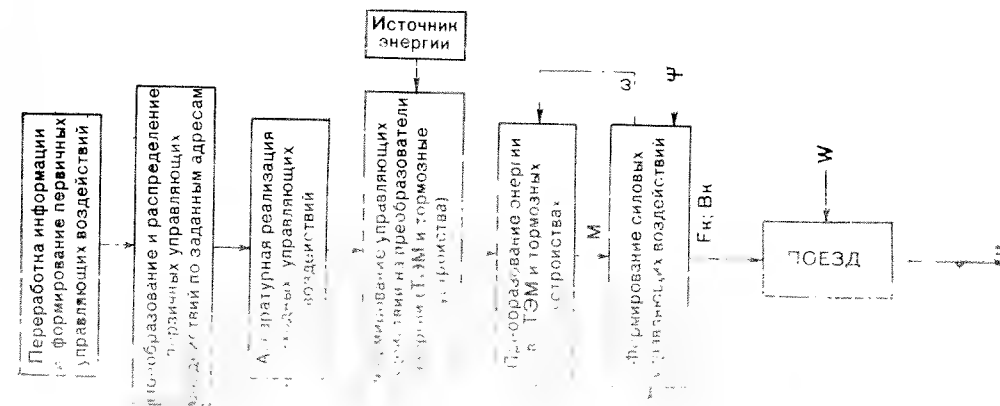
выражающей зависимость k -го состояния конечного подмножества из множества выходных сигналов $\{Z_I\}$ от конечного подмножества из множества выходных $\{X_I\}$ и набора внутренних параметров из множества $\langle Y_I \rangle$, определяющих техническое состояние устройств. Для разработки программы функция может быть записана в

Продолжение

Контрольная операция	Контролируемый объект, процесс или параметр	Группа технических средств диагностики ¹	Контролируемая подсистема ²			
			I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7
	5. Длительность импульса и его частота	1, 4, 2	—	×	×	—
	6. Нахождение заданной частоты	4, 1, 2	—	—	×	—
	7. Амплитуда колебаний тока	4	—	—	—	—
	8. Амплитуда колебаний напряжения	4	—	—	—	—
Измерение параметров грузов и их производных по времени	1. Сила тяги и торможения	4	—	—	—	—
	2. Напряженность тока рельсов	1, 4	—	—	—	—
	3. Нагрузка рельсов на рельсы в динамике (преодоление по времени)	4	—	—	—	—
	4. Напряжение токоприемника	1	—	—	—	—
	5. Давление воздуха в элементах пневматической системы, утечки	4, 1, 2	×	×	×	—
	6. Срабатывание и отпущение пневматических аппаратов	1, 4, 2	—	—	—	—
	7. Давление жидкости в элементах гидравлических систем	4	—	—	×	—
	8. Давление воздуха в элементах систем охлаждения	4	—	—	×	×
Измерение геометрических размеров	1. Форма и качество поверхности изнашиваемых элементов	2	—	×	×	×
	2. Зазоры в сопряжении элементов, подвергающихся износу	2	—	—	×	×
	3. Линейные размеры элементов и узлов, изменяющиеся в процессе эксплуатации	2	—	×	—	×
Измерение температуры нагрева	1. Механические элементы и узлы, подвергающиеся нагреву (буксы, подшипники и другие)	4	—	—	×	×
	2. Электрические элементы, узлы и устройства, подвергающиеся нагреву (обмотки, изоляция, резисторы)	4	—	—	×	×
	3. Теплоносители устройств охлаждения	4	—	—	×	—
Дефектоскопия	1. Элементы колесных пар	2	—	—	—	×
	2. Элементы зубчатых передач	2	—	—	—	×
	3. Рамы и автосцепка	2	—	—	—	×

¹ В этих числах цифры 1, 2, 3 и 4 обозначают соответственно группы ТСД1, ТСД2, ТСД3 и ТСД4 (см. рис. 1).

² Знаком X отмечены подсистемы, в которых производится данное измерение.



Машины и аппараты

где матрица, составленная из элементов $\{Z_{II}\}_k$ или ориентированного графа.

Наиболее пригодным методом проверки устройств подсистемы I являются их индивидуальная проверка с измерением параметров, отмеченных знаком X в табл. 4 табл. XVIII-21.

Подсистема II состоит из комплекса тяговых электрических аппаратов, предназначенных для управления формированием управляющих воздействий на тяговые электрические машины.

В существующих дискретных релейно-контактных системах каждый аппарат в общем случае состоит из трех групп элементов: воспринимающих действие ЭВ, исполнения ЭИ и элементов логических связей (блокировок) ЭС. Функционирование такой подсистемы характеризуется зависимостью

$$\{Z_{II}\}_k = \{Z_I\}_k \cap \{ЭС_{II}\}_k \cap \{ЭВ_{II}\}_k \cap \langle Y_{II} \rangle_k,$$

которая показывает, что для k -го состояния системы набор выходных сигналов — исполнения, определяется наличием выходных сигналов подсистемы I, состоянием логических связей, элементов, воспринимающих воздействия и технических параметров аппаратов.

Подсистема II отличается большим числом и сложными взаимосвязями элементов, а также обилием технических параметров элементов, узлов, устройств. На эту подсистему приходится более половины всех отказов подвижного состава в эксплуатации.

Существует большое количество методов проверки электрических схем, широко освещенных в специальной литературе по технической диагностике. Однако наиболее распространен метод последовательной разбивки цепей на участки, а контролируемых элементов — на группы с постепенным включением исправных участков и групп.

III*

В подсистеме III входят все устройства, необходимые для формирования управляющих воздействий на тяговые электрические машины (ТЭМ). Управление ТЭМ осуществляется регулированием трех основных параметров, определяющих режим машины: коэффициента преобразования питающего напряжения; величины электрического сопротивления рабочей цепи машины и коэффициента регулирования возбуждения машины. Как правило, каждый из перечисленных параметров регулирования формируется независимым устройством или комплексом устройств. Поэтому в общем случае подсистема III может рассматриваться, как состоящая из трех самостоятельных каналов, специализированных по параметрам.

Особенностью функционирования каждого канала подсистемы является однозначность состояния выхода для заданного состояния входов, что для j -го канала и k -го состояния системы записывается в виде

$$Z_{IIIjk} = \{Z_{II}\}_k \cap \langle Y_{III} \rangle_{jk},$$

$\{Z_{II}\}_k$ — подмножество выходов подсистемы II;
 $\langle Y_{III} \rangle_{jk}$ — набор технических параметров устройств канала подсистемы III.

Для дискретных систем управления удобной формой записи условий функционирования следует считать матрицу состояний выходов, приведенную по строкам к значению регулируемого параметра.

В системах плавного регулирования функционирование каждого канала описывается уравнениями детерминирован-

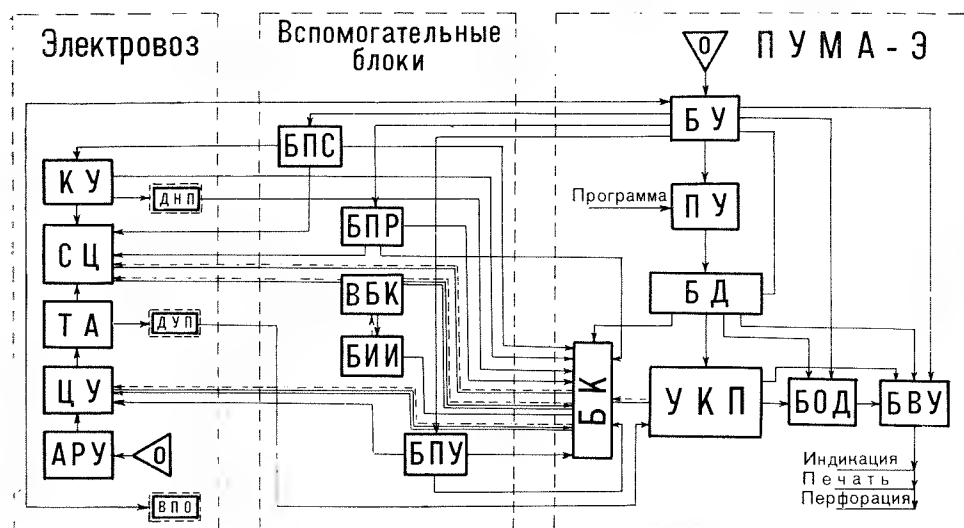


Рис. XVIII-14. Функциональная схема системы технической диагностики оборудования электровоза с применением ПУМА-3

ных физических процессов с учетом статистического отклонения параметров элементов, составляющих подсистему.

Подсистема III состоит из силового электрического оборудования, к которому относятся: трансформаторы, выпрямительные установки, генераторы, возбудители, реакторы, резисторы и другое оборудование, входящие в силовые схемы локомотивов или поездов. Диагноз состояния перечисленных устройств устанавливается на основании параметров, отмеченных знаком $\times$ в графе 6 табл. XVIII-21.

Подсистема IV тяговых электрических машин выполняет функции преобразования электрической энергии в механическую, причем процессом преобразования управляет подсистема III.

Особенностью диагностики состояния тяговых электрических машин, составляющих подсистему IV, является ограниченная возможность ее осуществления с помощью стационарных средств. Наиболее достоверные результаты оценки технического состояния ТЭМ могут быть получены только в процессе их работы на линии. Это обстоятельство наглядно показано в табл. XVIII-21, где в графе 7 знаком $\times$ отмечены измеряемые параметры.

Подсистема V (см. рис. XVIII-13) состоит из движущих и тормозных колесных пар с относящимися к ним узлами ходовых частей, редукторов для преобразования и передачи вращающего момента ТЭМ и других механических устройств, участвующих в передаче тяговых и тормозных сил на поезд. Выходными параметрами подсистемы являются касательные силы тяги и торможения, которые могут быть определены только при движении поезда. Контролируемые параметры подсистемы отмечены знаком $\times$ в графе 8 табл. XVIII-21.

Одним из возможных решений внешних технических средств диагноза ТСД

(см. рис. XVIII-12) является опытная проверочная универсальная машина — автомат ПУМА-Э (рис. XVIII-14) для всесторонней автоматической проверки всех электрических цепей и аппаратов пассажирского электровоза ЧС2.

Электровоз для проверки ставят в депо и гибкими кабелями соединяют с машиной. Проверку электровоза выполняют по заданной программе, которая наносится в двоичном коде на ленту — программноноситель в виде системы отверстий. Коды команд считываются фотоэлектрическим вводом программного устройства ПУ, расшифровываются в блоке дешифрации БД и далее распределяются по блокам машины.

Блок коммутации БК осуществляет подключение десяти любых проводов из 178, соединенных с электровозом, к любым из 100 рабочих точек машины. Такая коммутация обеспечивает универсальность применения и широкий выбор программ проверок. Разработанная программа предусматривает разносторонний комплекс проверок.

По указаниям световых табло выносимого пульта оператора ВПО контролируется исправность электрических цепей и аппаратов ручного управления АРУ при воздействии на них оператора О из кабины машиниста.

Проверяется работоспособность всех цепей управления ЦУ, тяговых аппаратов ТА и силовых цепей СЦ при автоматическом воздействии с машины через блоки питания БПУ и БПР. Измеряется нажатие токприемника на контактный провод посредством датчика-преобразователя ДНП.

Автоматически выполняется динамический контроль последовательности работы групповых контакторов (развертка) с использованием датчика углов поворота ДУП распределительных валов аппаратов.

Производится измерение сопротивления пусковых и шунтирующих резисторов и контролируется отсутствие разрывов силовой цепи в рабочем режиме. Для этой цели в силовые цепи СЦ через контактное устройство КУ пропускается стабилизированный ток от блока питания БПС.

Измеряется сопротивление изоляции тяговых машин и высоковольтных цепей через высоковольтный блок коммутации ВБК под рабочим напряжением 3—4 кВ, получаемым от блока измерения сопротивления изоляции БИИ.

Вся рабочая информация поступает в узел контроля параметров УКП, который является главным органом контроля и выполняет измерение: напряжений от 0 до 500 В, сопротивлений от 0 до 10 кОм, отрезков времени 0—100 с, фиксацию и счет числа импульсов, дешифровку сигналов от датчиков, а также фиксацию всех измерений электрического состояния цепей. Результаты проверки от УКП передаются в блок логической обработки данных БОД, сравниваются с допусками, заданными программой, и выдаются в блок выводных устройств БВУ для индикации и регистрации.

Выходная индикация осуществляется световым табло на главном пульте оператора О, регистрация — на бумажной ленте и на перфокартах. Выходная лента с отпечатанными на ней результатами проверки является объективным основанием для выдачи электровоза в эксплуатацию или постановки его в ремонт. При обнаружении неисправности или отклонения от нормы на ленте автоматически печатается информация, которая указывает конкретный элемент, требующий ремонта, и характер его повреждения. Перфокарты с результатами проверок электровозов подвергаются машинной статистической обработке для накопления объективных данных, необходимых для научно обоснованного совершенствования конструкции и системы содержания электровозов.

Управление машиной осуществляется блоком управления БУ автоматически. Это обеспечивается обратными связями с блока дешифрации БД и блока обработки данных БОД. Возможно ручное управление с главного пульта оператора О.

Скорость работы машины позволяет производить до 40 контрольных операций

в минуту. Полная и всесторонняя проверка более 500 элементов, от которых зависит работоспособность электровоза, может быть выполнена в течение 15—20 мин. При существующих методах ручной проверки подобный объем работы требует затраты не менее 100 чел-ч без гарантии объективности полученных результатов.

Некоторые параметры, характеризующие нормальное функционирование системы управления, могут быть измерены только в процессе ее работы. К ним относятся: распределение токов между параллельно включенными двигателями или их группами; распределение токов при шунтировании обмоток возбуждения; работа различных автоматизированных устройств и т. д. Эти задачи решаются посредством технических средств диагностики ТСД. Примером подобной системы может служить машина централизованного контроля и управления «Дельта», установленная на дизель-поезде. Машина предназначена для следающего контроля за различными параметрами в системе дизельной автоматики.

Комплексное внедрение методов и средств технической диагностики в практику технического обслуживания и ремонта локомотивов способствует повышению их эксплуатационной надежности. Кроме того, без информации, получаемой от ТСД, невозможна работа АСУП, как в области планирования ремонта и обслуживания подвижного состава, так и в области прогнозирования и предупреждения отказов оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроздов А. А. и др. Сетевое планирование и управление при ремонте локомотивов. Под ред. А. И. Тищенко. М., «Транспорт», 1966. 136 с.
2. Горнов О. Ф. и др. Эксплуатация и ремонт подвижного состава электрических железных дорог. М., «Транспорт», 1968. 344 с.
3. Головатый А. Т. и др. Депо-ремонт электровазов переменного тока. М., «Транспорт», 1971. 312 с.
4. Кокосинский И. Г. Справочник по ремонту тепловозов. М., «Транспорт», 1969. 333 с.

ХІХ. ПОЛИМЕРНЫЕ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ, ТЕПЛОВОЗАХ И ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДАХ

ХІХ-1. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Фенопласты (ГОСТ 5689—66) с высокими показателями (табл. ХІХ-1) механических и диэлектрических свойств, термостойкостью, способностью длительное время работать при повышенных температурах и в различных условиях широко применяют для электроизоляционных и мало нагруженных деталей электроподвижного состава и тепловозов.

Фрикционные прессматериалы (табл. ХІХ-2) применяют для изготовления деталей, к которым предъявляют требования повышенной твердости, механической прочности и фрикционных свойств.

Прессматериалы на основе кремнийорганических смол (табл. ХІХ-3) применяют для изготовления деталей, к которым предъявляют требования высокой термической и дуговой стойкости при воздействии постоянного и переменного токов.

Прессматериал МПД-1 (бывший НИ-2), композитный на основе неорганического связующего, минеральных наполнителей с добавкой кремнийорганической смолы К-42, используется для изготовления деталей электротехнического назначения, к которым предъявляют требования по стойкости к длительному воздействию электрической дуги. Он находит применение при ремонте дугогасительных камер контакторов главного контроллера и пневматических контакторов. Основные технические данные прессматериала МПД-1:

Плотность	1,9—2,0 г/см ³
Удельная ударная вязкость	4,0 кг см. см ²
Предел прочности при статическом изгибе	400 кгс. см ²
Электрическая прочность	3 кВ мм
Дугостойкость при токе 63 мА	180 с
Удельное объемное электрическое сопротивление	10 ¹³ Ом см
Удельное поверхностное электрическое сопротивление	10 ¹² Ом см
Температура эксплуатации	—50—155°С

Из слоистых пластмасс наибольшее применение имеет текстолит листовой электрический и гетинакс листовой электротехнический (табл. ХІХ-4).

Древеснослоистые пластинки ДСП и древесную пресскромку МДПК применяют в качестве антифрикционных и конструктивных деталей (табл. ХІХ-5).

Стеклопластики (табл. ХІХ-6) применяют в качестве конструктивных материалов для деталей и элементов экипажной части электроподвижного состава и тепловозов.

Из стеклопластиков, обработанных способом контактного формования, изготовлены кожуха рубчатых двигателей, двигателей, патрубки выхлопных труб, буферные фонари, кожуха электродвигателей и др.

В большинстве случаев для изготовления стеклопластиковых деталей методом контактного формования в качестве связующего используют полиэфирные смолы холодного отверждения (табл. ХІХ-7), а наполнителями служат стекловолокнистые ткани, жгуты, ленты, нити и т. д.

Однонаправленную стеклотенту ЛСБ-Г применяют как намоточный материал для изготовления конструкций повышенной прочности электрического назначения и как изоляционный материал.

Из нее изготовляют бандажные якорей тяговых двигателей, изоляцию шпилек пуско-регулирующих реостатов и др.

Основные технические данные стеклотенты ЛСБ-Г:

Предел прочности при растяжении . .	9000 кгс/см ²
Удельное поверхностное электрическое сопротивление . .	5·10 ¹⁴ Ом
Удельное объемное электрическое сопротивление	1·10 ¹⁵ Ом·см
Электрическая прочность	12—14 кВ мм
Интервал температур при длительной работе	—50—155°С

Полиамидные смолы (табл. ХІХ-8), обладающие высокими механическими прочностными и электрическими свойствами, широко применяют для изготовления деталей электроподвижного состава и тепловозов.

Таблица ХІХ-1

Основные технические данные фенопластов

Материал	Область применения	Плотность, кг/см ³	Температура, °С по Мартенсу	Предел прочности, кгс/см ² при			Ударная вязкость, кДж/м ²	Твердость по Бринеллю, кгс/мм ²	Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Электрическая прочность, кВ/мм	Водопоглощение, г/дм ³	Маслостойкость, %	Морозостойкость, °С
				растяжения	статическом изгибе	сжатии								
Пресскромка общего назначения К-15-2, К-17-2, К-18-2	Каркасы, рукоятки, стойки, траверсы, кольца контактные, направляющие основания	1,4	125	350—375	600—700	1500—1600	5,0—6,0	25—30	1·10 ¹³	1·10 ¹¹	11—12	0,1	0,03	—60
Монолитные прессматериалы ФКД-1, ФКНМ-10	Панели, изоляторы, опоры, камеры, планки	1,4—1,5	115	220—240	500	1600	8—9	—	1·10 ¹¹	1·10 ¹¹	10	0,1—0,2	0,012	—50
Пресскромки электроизоляционные К-21-22, К-211-2, К-220-23	Вставки изоляционные, изоляторы, панели, прокладки, колодки, блокировки, кольца щеткодержателя	1,4	120	300—500	600—650	1400—1700	4,2—4,5	20—40	5·10 ¹²	5·10 ¹²	13—15	0,08—0,1	0,03—0,06	—
Прессматериалы ФКД-1, К-6	Диски изоляционные, колодки, кулачки, основания, шайбы кулачковые, доски, зажимы, пальтодержатели	1,45—1,95	140—200	300—250	800—800	1200—1100	9,0—9,0	25—33	1·10 ¹⁰ 1·10 ¹⁰	1·10 ⁸ 1·10 ¹⁰	4 1,5	0,4 0,5	0,11—	—
Амфиопласты, пресскромки К-77-51, К-78-51	Дистанционные шайбы быстродействующих выключателей	1,6—1,8	150—170	—	500—800	1100	4—8	20—50	1·10 ¹¹	1·10 ¹³	12	0,1	0,03	—60

Таблица XIX-2

Основные технические данные фрикционных прессматериалов

Материал	Область применения	Плотность, г/см ³	Темперостой- кость по Мартенсу, °C	Предел прочности, кгс/см ² , при			Удельная ударная вязкость, кгс·см/см ²	Твердость по Бри- неллю, кгс/мм ²	Коэффи- циент трения без смазки	Водопог- лощение, г/дм ²	Маслопог- лоще- ние, %
				растяжении	статическом изгибе	сжатии					
К-Ф-3	Корпус сегментного контроллера	1,7—1,95	200	260—270	700	1000	21	30	0,32	0,7	0,1
К-Ф-3М	Панель изоляционная	1,95	200	200—400	600	800	10	30	0,30	0,7	0,1
К-217-57П	Маховички	2,1	200	150—250	550	800	9	25	0,33	0,6	0,6

Таблица XIX-3

Основные технические данные прессматериалов на основе кремнийорганических смол

Материал	Область применения	Плот- ность, г/см ³	Удельная ударная вязкость, кгс·см/см ²	Предел прочности, кгс/см ² , при			Твердость по Бри- неллю, кгс/мм ²	Темперостой- кость по Мартенсу, °C	Водопогло- щение, %	Электричес- кая проч- ность, кВ/мм	Удельное поверхностное электрическое сопротивле- ние, Ом	Удельное объемное электричес- кое сопро- тивление, Ом·см	Длитель- ность при 20 кВ, с
				статичес- ком изгибе	сжатии	растяже- нии							
КМК-218	Стенки дугогаситель- ных камер	1,8—2,0	4,5	300	1200— 1400	100—150	21—25	250	0,3	5,0	1·10 ¹⁰	3·10 ⁸	180
КМК-9	Стенки пневматичес- ких контакторов	1,8—2,0	2,8—3,0	195—300	445—900	—	21—28	220— 250	0,6	15—25	1·10 ¹² — 1·10 ¹⁴	1,2·10 ¹² — 5·10 ¹⁴	180
КМС-9	Перегородки дугогаси- тельных камер	1,7—1,9	17	400	800	150—180	25	250	0,3	4	1·10 ¹³	1·10 ¹³	180

Таблица XIX-4

Основные технические данные слоистых пластмасс

Материал	Область применения	Плотность, г/см ³	Темперостойкость, °C	Водопоглощение, г/дм ²	Предел проч- ности при растяжении листа, кгс/см ²		Водопоглощение при статическом изгибе, кгс/см ²	Ударная вязкость, кгс·см/мм ²	Сопротивление рас- калыванию (при тол- щине листа более 10 мм), кгс	Твердость по Бри- неллю, кгс/мм ²	Удельное поверх- ностное электри- ческое сопротивление, Ом	Удельное объемное электрическое со- противление, Ом·см	Электрическая прочность перпендикулярно слоям, кВ/мм, при толщине, мм		
					по осно- ве	поперек (по углку)							до 0,8	0,8— 1,0	1,0— 2,0— 3,0— 8
Текстолит электротехни- ческий марок А, Б, В и Г	Изоляционные стерж- ни и шайбы аппаратов, планки контакторов, стойки реле, детали бло- кировки контакторов, панели электроизоляции	1,35— 1,45 1,35— 1,45 1,35— 1,45 1,35— 1,45	135— 125 125 125 125	0,3— 0,6 0,3— 0,6 0,28— 0,55 0,3— 0,6	600 550 400 450	450 550 400 450	900 1200 — 1200	20 25 — 27	300 300 — 300	35 30 30 30	10 ⁸ — 10 ⁹ 10 ⁸ — 10 ¹⁰ 10 ⁸ — 10 ¹¹ —	10 ⁸ — 10 ¹⁰ 10 ⁸ — 10 ⁹ 10 ⁸ — 10 ¹⁰ —	6 3,5 6 3,5	8 4,5 8 4	5 2 5 2
Текстолит ПТК	Шайбы упорной пружины, клеммные колодки, клинья якорей электрических машин	1,3— 1,4	125	0,35	100	—	1600	35	125	40	10 ¹¹	10 ¹⁰	—	—	—
Текстолито- вые стержни	Рукоятка бдительно- сти, изоляционные втул- ки, блоки контакторов	1,25— 1,35	—	0,1	400— 650	—	1000	—	—	—	10 ⁹	10 ⁸	5	—	—
Ткань бакелитизированная	Пазовые клинья, кольца уплотнительные, кольца водяного поршня	1,35	115— 120	1,0%	400	—	750	23	—	—	—	—	—	—	—
Гетинакс марки А, Б	Панели управления, планки и шайбы быстродействующих выключателей, переключатели и отключатели двигателей	1,3— 1,4 1,25— 1,4	150 150	0,5 0,5	800 700	— —	1000 800	13 —	20 150	25 25	10 ¹¹ 10 ¹¹	10 ¹¹ —	— 43	43 —	56 —

Основные технические данные древеснослоистых пластинок
и древесной крошки

Материал	Область применения	Плотность, г/см ³	Предел прочности, кгс/см ² , на		Удельная ударная вязкость, кгс·см/см ²	Твердость по Бри- неллю, кгс/мм ²	Водопо- глощение %
			сжатие вдоль волокон	изгиб			
ДСП-Г	Скользуну теле- жек электропоез- дов	1,3	1250	1500	30	—	5
ДСП-Б	Рама лобового окна тепловозов	1,3	1550	2600	70	25	5
МДПК-А	Антифрикцион- ные диски элект- ровозов	1,29	1000	1200	14	20	2
	Надличники бук- совых направляю- щих электропоез- дов	—	—	—	—	—	—

[illegible]

Эластичный пенополивинилхлорид ПВХ-Э применяют в качестве тепло- и звукоизоляционного материала кабины машиниста. Его основные технические данные:

Плотность, кг/м ³ . .	100— 150	180— 210
Предел прочности при растяжении, кгс/см ² , не менее . .	4,0	4,5
Относительное уд- линение при разрыве, %	80	105
Коэффициент теп- лопроводности, ккал. не более	0,057	0,057
Коэффициент звуко- поглощения при: 100—700 Гц	0,05	0,17
800—1200 Гц	0,3	0,85

Пенополиэтилен формаль-Диполь	г.р.д.
" "	СЭО
" "	М
" "	КБ
" "	З
" "	СТ

	90—95%
Прочности	
растяжения	5,0—5,5 кгс см ²
сжатия	2—8 кгс, см ²
Относительное удлинение при разрыве	10—22%
Водопоглощение за 24 ч	1000—1200%

Поропласт полиуретановый эластичный представляет собой пористую массу, стойкую к действию бензина, дизельного масла и топлива; в зависимости от размера пор выпускается различных марок. Применяется в качестве фильтрующих элементов воздухоочистителя дизеля тепловозов. Основные технические данные поро-
пласта:

Плотность	30 ± 6 кг/м ³
Предел прочности при растяжении . . .	0,9 кгс/см ²
Относительное удлинение при разрыве	150%
Рабочая температура	—40°С — +100°С
Размер листа	400 × 100
Толщина	1 мм

Стекло органическое листовое марки
1000 мм х 1500 мм х 4 мм. В количестве
1000 шт. (1000 м²). Цена 1000 шт. 1000 руб.
1000 шт. 1000 руб. 1000 шт. 1000 руб.

Основные технические данные

Материал	Область применения	Плотность, г/см ³	Теплостойкость по Мар-тенсу, °С	Предел прочности, кгс/см ² , при		Ударная вязкость, кгс·см/м ²	Твердость по Бринеллю, кгс/мм ²	Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом·см	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Электрическая прочность, кВ/мм	Водопоглощение, г/дм ²	Морозостойкость, °С
				статическом	растяжении							
Прочный АИ-4	Опорные изоляторы токоприемников, кулачковые шайбы, кронштейны шеткодержателей, шайбы натяжные, патцы шеткодержателей, изоляторы крышевого разьединителя	1,7—1,9	280	1200	800	30	26—30	1·10 ¹²	1·10 ¹²	13	0,05	—60
Прочный АИ-4	Котлы парового вентилятора системы охлаждения тяговых излучателей тепловоза, коллекторы электрических машин, гидромурф-на разгрузочного редуктора Капала якорей электрических машин	1,7 1,9 1,6	280 180	2500 2300	5000 3000	150 150	26—30 —	1·10 ¹²	1·10 ¹²	13 30	0,05 0,05	—60 —60

Основные технические данные полимерных смол

Время жестя- низации, мин	Максимум экзотермия отверждения при 40° С в присутствии 90% и 80% ускорителя ПК, °С	Время достиже- ния макс- имума экзо- термия, мин	Циклическая температура, °С	Удельная удельная плотность, г/см ³	Твердость по Бри- неллю, кгс/мм ²	Удельное объемное электричес- кое сопро- тивление, Ом·см	Удельное поверхностное электричес- кое сопротивле- ние, Ом	Электри- ческая прочность, кВ/мм						
12	116	20	40	120	90-160	30-50	400-450	800-1100	825-1100	6-10	14-18	1·10 ¹⁴ — 5·10 ¹⁵	3·10 ¹³ — 7·10 ¹³	13—19
12	116	20	60	120	90-150	30-60	430-550	800-1250	600-850	7-11	11-15	—	—	10-15
14	116	20	70	180	140-170	40-50	400-500	1000-1200	500-800	4-8	10-15	7·10 ¹⁴ — 4·10 ¹⁵	3·10 ¹⁴ — 9·10 ¹⁵	—

Основные технические данные полиамидных смол

Материал	Область применения	Плотность, г/см ³	Предел прочности, кгс/см ² , при			Ударная вязкость, кгс·см/см ²	Твердость по Бриннеллю, кгс/мм ²	Рабочая температура, °С	Морозостойкость, °С	Водопоглощение, %	Коэффициент трения	Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом·см	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Электрическая прочность, кВ/мм	Температура плавления, °С
			статическом изгибе	сжатии	растяжении										
Смола карбоновая первичная марки Б	Втулки карданного вала, об- ратный клапан компрессора, накладки осевых упоров, крыльчатка мотор-насоса . . .	1,13	900	750	600	150— 160	10—12	65—70	-20 ÷ -25	1,3	0,15	2·10 ¹⁴	2·10 ¹⁴	25	210— 215
Полиамидная смола 68	Опорные кольца вертикаль- ной передачи дизеля	1,1	700	700— 850	500— 600	100	10—15	90	-60	0,5	0,09	4,6·10 ¹⁴	4,5·10 ¹⁴	21,6	213— 220
Капроновая смола вторичная	Втулка каретки токоприем- ника, рукоятки кнопочного переключателя	1,1— 1,12	450	600	350	30—70	4,0— 4,5	50	-20	—	—	—	—	—	190— 200
Капролон В	Шестерни, шкивы вспомога- тельных машин	1,15— 1,16	1200— 1500	1000— 1250	900— 950	100— 160	20—25	70—75	-40 ÷ -50	1,5—2	0,12	2,1·10 ¹⁴	2·10 ¹⁴	20—21	225— 230
Наполненная полиамидная смола марки П68-Г10	Прокладки топливных насо- сов дизелей тепловозов . . .	1,14	900	900	600	100	—	100— 110	-20	—	—	2·10 ¹⁴	1·10 ¹³	—	210

Таблица XIX-9

Основные технические данные полиэтилена

Марки полиэтилена	Область применения	Плотность, г/см ³	Температура размягчения, °С	Предел прочности, кгс/см ² , при			Удлинение при разрыве, %	Морозостойкость, °С	Водопоглощение, %	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Электрическая прочность, кВ/мм
				растяжении	сжатии	срезе					
15802-20	Муфты концевые, датчики температурные, втулки соединений	0,92— 0,93	108—120	120— 170	125	120— 160	140— 170	-40 ÷ 70	0,01	1·10 ¹⁷	45—60
10003-002, 10203-003	Корпуса тройников, муфты концевые, шайбы упорной пружины, втулки электромонтажа, колпачки . . .	0,94— 0,95 0,91—1,0	125—134 100	200— 380	—	220— 450 50	200— 360	-70 -50	0,01 0,01	1·10 ¹⁷ 6·10 ¹⁵	45—60 35
Прокладочно-уплотнительный материал ПОВ-50	Прокладки насосов . . .	0,91—1,0	100	—	—	50	—	—	—	—	—

Таблица XIX-10

Основные технические данные полистирола блочного ударопрочного и литового материала МСН

Материал	Область применения	Плотность, г/см ³	Температура по Мартенсу, °С	Морозостойкость, °С	Предел прочности, кгс/см ² , при			Ударная вязкость, кгс·см/см ²	Твердость по Бриннеллю, кгс/мм ²	Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Электрическая прочность, кВ/мм
					растяжении	сжатии	статическом изгибе					
Полистирол блочный ударопрочный	Кожуха электромагнитных реле . .	1,07	70	-40	300	1000	950	30	14—15	1·10 ¹⁵	10 ¹⁶ ·10 ¹⁸	20—40
Литьевой материал МСН	Сигнальные стекла буферных фонарей	1,1	72	-40	—	—	1000	13	15—18	2·10 ¹⁴	4·10 ¹⁶	24

Таблица XIX-11

Основные технические данные пластических масс АСТ-Г и стиракрила ТШ

Наименование материала	Ремонтируемые детали	Плотность, г/см ³	Предел прочности, кгс/см ² , при			Твердость по Бриннеллю, кгс/мм ²	Ударная вязкость, кгс·см/см ²	Водопоглощающая способность, %	Допускаемая рабочая температура, °С	Электрическая прочность, кВ/мм	Усадка, %
			растяжении	сжатии	изгибе						
АСТ-Г	Фарфоровые изоляторы кронштейнов щеткодержателей тяговых двигателей	1,14—1,18	450—500	1200—1600	800—1200	13—19	8—12	0,14	90—100	24	0,4—0,6
Стиракрил ТШ	Опорные изоляторы шин электровозов, изоляторы токоприемной штанги	1,12—1,16	600	1200	700—800	12—15	12—15	0,2	80—100	36	0,2—0,3

Основные технические данные эпоксидных смол и компаундов

Марка эпоксидной смолы и компаунда	Назначение	Плотность, г/см ³	Температура по Мар., °С	Предел прочности, кгс/см ² , при		Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Диэлектрический коэффициент
				сжатия	сдвига		
Смола ЭД-5	Для электроизоляционных и заливочных композиций, а также при изготовлении компаунда для ремонтных целей	1,19	105—110	1200—1500	1100	1·10 ¹⁴	16—20
Смола ЭД-6	Для изготовления электроизоляционных, заливочных и пропиточных композиций	1,2	105—110	1300—1600	1200—1300	3,2·10 ¹⁴	13—15
Смола ЭД-5Н	Для создания монолитной изоляции в якорях и катушках главных полюсов тяговых двигателей	1,19	105—110	1200—1500	1100	1·10 ¹⁴	16—20
Компаунд К-153	Для восстановления изношенных деталей, заделки различных раковин, трещин в металлических деталях	1,18	60	1100	900	2·10 ¹⁴	20
Компаунд К-168	Для заливки и герметизации деталей и узлов электроаппаратуры	1,15	50—60	—	900	5·10 ¹⁴	22

вается и поддается механической обработке. Основные технические данные стекла:

Предел прочности при растяжении, не менее 850 кгс/см²
 Модуль упругости при растяжении, не менее 55000
 Удельная вязкость, не менее 12 кгс·см/см²
 Коэффициент теплового расширения 1,5·10⁻⁵

Полвинилбутират марки КВ-1 применяется для изготовления электроизоляционных материалов. Основное преимущество этого декоративного покрытия — устойчивость к коррозии и воздействию электроизоляции. Для получения крашеных декоративных покрытий к полвинилбутирату добавляют различные пигменты.

Декоративные покрытия из полвинилбутирата наиболее длительное время сохраняются на деталях, не подверженных атмосферным воздействиям.

Самоотверждающие пластические массы на основе полиметилметакрилата (табл. XIX-11), применяют при ремонте локомотивов. Эти пластмассы состоят из порошкообразного полимера и жидкого мономера, которые смешивают перед употреблением в заданном соотношении (обычно 1,5—2 весовых части порошка и 1 весовую часть жидкости). Основное преимущество этих пластмасс — способность затвердевать при температуре 20—25°С и атмосферном давлении, а также простота приготовления.

В эпоксидных смолах и компаундах на их основе сочетаются такие технологические свойства, как отверждение без давления при невысоких температурах, хорошие физико-механические и диэлектрические свойства, устойчивость к атмосферным воздействиям. Эти материалы широко применяются на э. п. с. и на тепловозах в качестве электроизоляционного материала, а также при ремонте металлических и пластмассовых деталей (табл. XIX-12).

XIX-2. ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛИМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ, КЛЕИ, ВАЗЕЛИН

Изоляция типа «Монолит-2» состоит из стеклослоднитовой ленты марки ЛС2 Р-ТТ или ЛС40 Р-ТТ и пропиточного компаунда ЭТМ-1 (100 весовых частей эпоксидной смолы ЭД-5 и 80 весовых частей

МТГФА), применяется в качестве межвитковой и корпусной изоляции полюсных катушек и якорей тяговых двигателей. Электрическая прочность изоляции «Монолит-2» (при 20°С) якорных катушек и полюсных моноблоков приведена в табл. XIX-13.

Таблица XIX-13

Технические данные изоляции «Монолит-2»

Слободястовые электроизоляционные материалы — это материалы, основанные на слоистых волокнистых бумагах, изготовленных из хлопчатобумажных, шелковых, синтетических волокон, флюорита. Из слоистых бумаг в сочетании с электроизоляционными лаками получают различные электроизоляционные материалы.

Полимерные пленки при ремонте электроподвижного состава и тепловозов используют для устранения ослабления монтажных прессовых соединений деталей, задиров и забоин, нарушения герметизации. Герметизирующий эластомер ГЭН-150 В применяют при восстановлении натягов в подшипниках качения, при сборке колесных валов и вертикальной передачи дизелей. Весьма эффективными являются герметики на основе полисульфидных каучуков-тиоколов, которые вулканизируются при комнатной температуре. Физико-механические свойства тиоколов герметика УТ-34:

Предел прочности при растяжении, не менее 10 кгс/см²
 Относительное удлинение, не менее 150%
 Рабочая температура +130÷—60°С
 Температура хрупкости, не выше —60°С

Синтетические клеи, наиболее широко применяемые локомотивостроительными заводами и ремонтными предприятиями, указаны в табл. XIX-14. Клеевые соединения обеспечивают создание конструктивных узлов, где недопустимы отверстия для заклепочных и болтовых соединений. Необходимо строго выдерживать количество наносимого на склеиваемую поверхность клея, так как толщина клеевого шва влияет на качество склейки. Для большинства клеев толщина клеевого шва коле-

Таблица XIX-14

Основные технические данные синтетических клеев

Марка клея	Состав	Основные области применения	Предел прочности при сдвиге, кгс/см ²	Теплостойкость, °C	Морозостойкость, °C
ПФЭ-2/10, МПФ-1	Метилполлиамидные клеи	Склеивание металлов, пластмасс, силикатного стекла, кожи, а также металлов с пенопластами и стеклотекстолитами	130—175	60—70	—60
БФ-2, БФ-4, ВС-10Т, ВС-350	Феноло-поливинилацетатные клеи—однокомпонентные системы, поставляются в виде готовых к применению растворов	Склеивание стальных, алюминиевых деталей, а также пластмасс. Склеивание металлов и неметаллических материалов в конструкциях, работающих при высоких температурах	220 170 180	120—280 300 350	—60 —60 —60
ВИАМБ-3	Фенолформальдегидная смола ВИАМБ 100 вес. ч., ацетон технический 10 вес. ч., отвердитель-контакт Петрова КПК-1 смешиваются перед применением	Склеивание деталей из текстолита, древопластиков, фанеры и пенопластов	130	70—80	—50÷ —60
БОВ-1	Смола ЭД-5, мономер ФА и мономер стирола, отвердитель-полиэтилен-полиамин, смешиваются перед применением	Склеивание деталей из металлов, стекла, фарфора и слоистых пластиков (кроме полистилена и поливинилхлорида)	100—110	200—220	—40÷ —50
88НП	Раствор резиновых смесей на основе найрита, бутил-фенолоформальдегидной смолы, этилацетата и бензина. Клей холодного отверждения, поставляется в готовом к применению виде	Приклеивание резины на любой основе к металлу, дереву, стеклу, склеивание указанных материалов	—	60	—40

Таблица XIX-15

Основные технические данные вазелина КВ-3

Условия испытаний	Электрическая прочность, кВ/мм	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	Тангенс угла диэлектрических потерь при частотах 50—10 ⁶ , Гц	Диэлектрическая проницаемость при частотах 50—10 ⁶ , Гц
При температуре 20°С	15—25	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	0,003—0,006	2,8
При температуре 150°С	10—20	10 ¹² —10 ¹³	0,005—0,008	2,6—2,8
После 48 ч выдержки в среде с относительной влажностью 98% при 20°С	10—20	10 ¹² —10 ¹³	0,005—0,008	2,8

блется в пределах от 0,05 до 0,25 мм. У более толстых клеевых швов значительно ниже механическая прочность.

Изоляционный кремнийорганический вазелин марки КВ-3, высоковязкая масса, по физико-механическим и структурным свойствам является коллоидной системой, аналогичной консистентным смазкам. Он нетоксичен и может наноситься

на поверхность деталей кистью, тампоном, щеткой. Высокие электрические свойства вазелина КВ-3 (табл. XIX-15) мало изменяются с изменением температуры. Применяют вазелин КВ-3 для защиты от загрязнений стеклопластиковых изоляторов токоприемников и крышевых разьединителей, фарфоровых изоляторов контактной сети.

XX. НАДЕЖНОСТЬ ЛОКОМОТИВОВ

XX-1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Теория надежности позволяет на основе анализа качества изготовления изделий, а также изменения их характеристик в процессе эксплуатации разработать комплекс мероприятий, обеспечивающих получение минимума приведенных затрат при соблюдении условий безопасности.

С помощью методов теории надежности можно прогнозировать показатели работы сложных систем, в частности локомотивов, в разных условиях эксплуатации.

Основные термины в области надежности изделий, общие для различных отраслей промышленности, сформулированы в ГОСТ 13377—75 «Надежность в технике. Термины и определения». Номенклатура и характеристика основных показателей надежности промышленных изделий приведены в ГОСТ 16503—70. Показатели надежности тяговых электрических машин установлены ГОСТ 2582—72. Отдельные положения ГОСТ 13377—75, приводимые ниже, конкретизированы с учетом специфики работы тягового подвижного состава железных дорог.

Принято различать состояния локомотива (работоспособное, неработоспособное, исправное, неисправное), события (отказ) и свойства локомотива (надежность — безотказность, ремонтпригодность, долговечность).

Состояние работоспособное — такое, при котором локомотив соответствует требованиям ПТЭ железных дорог СССР, правилам ремонта и другой технической документации, регламентирующей его нормальное техническое состояние. При этом локомотив способен выполнять тяговые функции с заданными параметрами.

Состояние неработоспособное — такое, при котором локомотив не способен выполнять свои функции с заданными параметрами.

Состояние неисправное — такое, при котором локомотив не соответствует хотя бы одному из требований ПТЭ железных дорог СССР, правилам ремонта или другой технической документации, регламентирующей нормальное техническое состояние локомотивов.

Событие, заключающееся в нарушении работоспособности локомотива, называется *отказом*. Событие, заключающееся в нарушении исправности локомотива или элементов его оборудования, называется *повреждением*.

Отказ и безотказная работа являются событиями несовместимыми и противоположными. Сумма вероятностей отказа и безотказной работы равна единице.

Критериями отказа являются: невыполнение установленных показателей по весу поезда, скорости движения, времени хода и стоянок, графику движения поездов и др.; восстановление работоспособного состояния локомотива в пути следования без нарушений показателей графика движения; внеплановый ремонт; досрочная замена или регулировка оборудования (узла, детали); повышенный объем работ по отношению к установленным нормам планового ремонта.

Надежность — свойство локомотива выполнять тяговые функции, сохраняя свои параметры в заранее установленных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки на отказ в заданных условиях эксплуатации.

Надежность локомотива обуславливается его безотказностью, ремонтпригодностью и долговечностью.

Безотказность — свойство локомотива сохранять работоспособность в течение заданной наработки без вынужденных перерывов.

Показателем безотказности служит *вероятность безотказной работы* — вероятность того, что в определенных условиях эксплуатации в течение заданного интервала времени (пробега) локомотива не произойдет ни одного его отказа:

$$p(t) = p(T > t),$$

где t — время, в течение которого определяется вероятность безотказной работы;

T — время работы локомотива до первого отказа.

Вероятность безотказной работы определяется по статистическим данным, накопленным в эксплуатации, как отношение

числа локомотивов, оставшихся работоспособными за время t , к начальному их числу. В качестве характеристик безотказности ремонтируемых деталей и узлов, а также локомотива в целом используют параметр потока отказов; для неремонтируемых деталей и узлов — интенсивность отказов (неремонтируемые детали и узлы подлежат замене после первого отказа).

Параметр потока отказов — количество отказов ремонтируемого узла в единицу времени, взятое для рассматриваемого момента времени. Этот параметр определяют по данным эксплуатации как отношение числа отказавших узлов в единицу времени к числу эксплуатируемых узлов при условии, что все вышедшие из строя узлы заменяют исправными (новыми или отремонтированными).

Параметр потока отказов определяют не только для отдельных узлов локомотивов, но и для локомотивов в целом. Параметр потока отказов определяют не только по времени, но и по пробегу локомотива.

Интенсивность отказов — вероятность отказа неремонтируемого узла локомотива в единицу времени (или пробега) после данного момента времени при условии, что отказ узла до этого момента не возник. Интенсивность отказов определяют по данным эксплуатации как отношение числа отказавших узлов локомотива в единицу времени к среднему числу узлов, исправно работающих в течение заданного отрезка времени или пробега локомотива.

Кроме указанных терминов используют также и другие, характеризующие надежность, например: **наработка на отказ** — среднее значение пробега локомотива (или его узлов) между соседними отказами (для неремонтируемых узлов — средняя наработка до отказа); **гамма-процентная заданная наработка** или **гамма-процентный ресурс** — пробег до первого отказа, который имеет (или превышает) в среднем обусловленное число (гамма) процентов локомотивов; **назначенный ресурс** — пробег локомотива от начала эксплуатации до списания, оговариваемый в технической документации.

Однако параметр потока отказов локомотива и наработка на отказ, являясь наглядными характеристиками его надежности, не учитывают приспособленность локомотива данного типа к восстановлению его работоспособного состояния, а также затрат времени и средств на выполнение ремонтных операций. Для этих целей введены такие понятия, как ремонтнопригодность, долговечность, коэффициент готовности, коэффициент технического использования, общие и удельные затраты на восстановление и т. п.

Ремонтнопригодность — свойство, заключающееся в приспособленности локомотива к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Показателями ремонтнопригодности служат вероятность восстановления работоспособности за заданное

время; среднее время восстановления; интенсивность восстановления; средняя и удельная трудоемкости (стоимости) обслуживания и ремонтов и др.

Долговечность — свойство локомотива сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Предельное состояние определяют по физическому или моральному износу локомотива. Показателем долговечности может служить ресурс — наработка до предельного состояния, оговоренного в технической документации.

Средний простой в ремонте — среднее время простоя в ремонте данного вида.

Межремонтный пробег — средний пробег между ремонтами данного вида.

Коэффициент готовности — вероятность того, что локомотив будет работоспособен в произвольно выбранный момент времени в промежутках между выполнением плановых ремонтов. Определяется как отношение суммарного времени исправной работы локомотива к сумме времени этой работы и времени восстановления за тот же период эксплуатации:

$$\kappa_r = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n \tau_i}$$

где t_i — время исправной работы между $i-1$ и i -м отказом локомотива; τ_i — время восстановления i -го отказа (время профилактических осмотров локомотива при этом не учитывается, так как предполагается, что локомотив может находиться в двух состояниях: работоспособном и отказовом); n — число отказов локомотива за тот же период эксплуатации.

Коэффициент использования — вероятность того, что локомотив работает в любой момент рассматриваемого периода эксплуатации. Определяется как отношение суммарного времени исправной работы за этот период к общему времени исправной работы и времени всех простоев, вызванных техническим обслуживанием и ремонтами за тот же период эксплуатации:

$$\kappa_{из} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{\sum_{i=1}^k t_i + \sum_{i=1}^k t_{ki}}$$

где t_i — время исправной работы между $i-1$ и i -м перерывом в работе локомотива;

t_{ki} — время вынужденного простоя после i -го перерыва в работе;

k — число перерывов в работе локомотива за рассматриваемый период эксплуатации, включая профилактические осмотры.

Коэффициент готовности отличается от коэффициента использования тем, что при его определении учитывается не все время вынужденных простоев, а только та часть его, которая затрачивается непосредственно на обнаружение и устранение отказов, т. е. время профилактических осмотров не учитывается.

Коэффициент простоя — вероятность того, что локомотив за рассматриваемый период эксплуатации находится в простое. Определяется как отношение суммарного времени вынужденных простоев к общему времени исправной работы и вынужденных простоев (исключая время нахождения в резерве):

$$\kappa_{п} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{ki}}{\sum_{i=1}^k t_{ki} + \sum_{i=1}^k t_i}$$

При этом $\kappa_{п} = 1 - \kappa_{из}$.

Коэффициент ремонтнопригодности (по затратам времени) — вероятность того, что локомотив находится на восстановлении в течение рассматриваемого периода эксплуатации. Определяется как отношение суммарного времени восстановления к общему времени исправной работы и восстановления за тот же срок эксплуатации:

$$\kappa_p = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{\sum_{i=1}^n \tau_i + \sum_{i=1}^n t_i}$$

При этом

$$\kappa_p = 1 - \kappa_r.$$

Определение показателей надежности по опытным данным основано на статистической обработке материалов, накопленных в условиях эксплуатации локомотивов, на локомотивостроительных и локомотиворемонтных заводах.

В табл. XX-1 приведены формулы для расчета показателей надежности по статистическим данным, накопленным в эксплуатации. Точность расчета по формулам зависит от объема используемых статистических данных: чем этот объем больше, тем выше точность.

Точность результатов расчета можно оценить различными методами математической статистики, например, при помощи доверительных границ [1].

Законы распределения времени безотказной работы. Надежность деталей и узлов локомотива, а также локомотива в целом оценивают прежде всего временем их безотказной работы. Это время может быть выражено через пробег локомотива.

В табл. XX-2 приведены формулы, позволяющие определить кроме вероятности безотказной работы такие количест-

венные характеристики надежности как интенсивность отказов и среднюю наработку на отказ невостанавливаемых деталей и узлов при указанных в таблице законах распределения времени безотказной работы (рис. XX-1). Эти же формулы служат для расчета характеристик надежности восстанавливаемых узлов и локомотива в целом до первого отказа.

Как видно из табл. XX-2, все характеристики, кроме наработки до отказа, являются функциями времени. Из них наиболее полной является характеристика плотности распределения $f(t)$, так как она содержит в себе всю информацию о времени безотказной работы как случайном явлении.

Для восстанавливаемых узлов локомотива и локомотива в целом одним из важных критериев надежности является параметр потока отказов $\omega(t)$, обладающий следующими основными свойствами.

1. Независимо от закона распределения времени безотказной работы $\omega(t) > f(t)$, а при $t \rightarrow \infty$ параметр потока отказов $\omega(t) \rightarrow \frac{1}{T}$. Это означает, что при уста-

новившемся режиме эксплуатации локомотива поток его отказов независимо от распределения времени безотказной работы становится стационарным.

В стационарном потоке закон распределения числа отказов на любом промежутке времени не зависит от момента начала отсчета и определяется только длиной выбранного интервала. Иными словами, плотность потока отказов постоянна.

2. При $\lambda(t) = \text{const}$ параметр потока отказов равен интенсивности отказов: $\omega(t) = \lambda(t) = \lambda$.

3. В общем случае при $\lambda(t) = \text{const}$ параметр потока отказов $\omega(t)$ сложной системы связан с плотностью распределения времени между отказами $f(t)$ зависимостью

$$\omega(t) = f(t) + \int_0^t \omega(\tau) f(t-\tau) d\tau,$$

которая может быть использована для определения интенсивности потока отказов узлов локомотива в предположении, что эти узлы невостанавливаемые.

Зависимость между $\omega(t)$ и $f(t)$ может быть представлена в операторной форме:

$$\omega(S) = \frac{f(S)}{1 - f(S)};$$

$$f(S) = \frac{\omega(S)}{1 - \omega(S)},$$

благодаря чему можно одну характеристику выразить через другую, если существуют преобразования Лапласа функций $f(S)$ и $\omega(S)$ и их обратные преобразования.

Для получения интенсивностей отказов узлов локомотива по статистическим данным о числе отказов этих узлов в эксплуатации, т. е. для определения

Таблица XX-1

Формулы для расчета показателей надежности по данным эксплуатации

Показатели	Расчетная формула	Пояснения
Вероятность безотказной работы локомотива	$P(t) = \frac{N - \Delta N(t)}{N}$	N — число локомотивов на начало эксплуатации; $\Delta N(t)$ — число локомотивов, отказавших в процессе эксплуатации за время t
Вероятность отказа локомотива	$Q(t) = 1 - P(t) = \frac{\Delta N(t)}{N}$	$Q(t)$ — событие, несовместное с безотказностью
Среднее число отказов локомотива	$m_{cp}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t)}{N}$	$m_i(t)$ — число отказов i -го локомотива за время t
Параметр потока отказов локомотива	$\omega(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t + \Delta t) - \sum_{i=1}^N m_i(t)}{N \Delta t}$	$m_i(t + \Delta t)$ — число отказов i -го локомотива за время $t + \Delta t$ $m_i(t)$ — число отказов i -го локомотива к моменту t
Наработка на отказ	$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m t_{ij}}{\sum_{i=1}^N m_i}$	t_{ij} — время работы i -го локомотива между предыдущим ($i-1$) и последующим i -м отказами; m_i — число отказов i -го локомотива за время t
Интенсивность отказа (неремонтируемые узлы)	$\lambda(t) = \frac{M(t) - M(t + \Delta t)}{M(t) \Delta t}$	$M(t)$ — число исправных узлов в момент t ; $M(t + \Delta t)$ — то же к моменту $t + \Delta t$
Наработка до отказа (неремонтируемые узлы)	$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{M}$	n_i — количество вышедших из строя неремонтируемых узлов в i -м интервале пробега; t_i — среднее время работы в i -м интервале; $k = t_R / \Delta t$ — число интервалов времени; t_R — время, в течение которого вышли из строя все M неремонтируемых узлов
Среднее время восстановления	$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \tau_i$	τ_i — время восстановления работоспособности локомотива после i -го отказа; m — число отказов
Трудоемкость восстановления	$W_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m w_i$	w_i — трудоемкость восстановления работоспособности после i -го отказа
Средняя стоимость ремонта	$C_K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{Ki}$	C_{Ki} — денежные расходы на i -й ремонт данного вида ¹ ; n — число ремонтов
Удельная стоимость плановых ремонтов	$C_{уп} = \frac{C_K}{L_{пл}} 10^4$	C_K — средняя стоимость планового ремонта данного вида ¹ ; $L_{пл}$ — пробег между плановыми ремонтами данного вида
Удельная стоимость внеплановых ремонтов	$C_{ув} = \frac{C_B}{L_{впл}} 10^4$	C_B — средняя стоимость внепланового ремонта; $L_{впл}$ — пробег между внеплановыми ремонтами.

¹ Вместо индексов «к» при расчете проставляется обозначение соответствующего вида планового ремонта или технического обслуживания и внепланового ремонта.

Таблица XX-2

Характеристики надежности при различных законах распределения времени безотказной работы

Закон распределения	Плотность распределения	Вероятность безотказной работы
Экспоненциальный	$\lambda e^{-\lambda t}$	$e^{-\lambda t}$
Релея	$\frac{1}{\sigma^2} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$	$e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$
Нормальный усеченный	$\frac{1}{F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right) \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T_1)^2}{2\sigma^2}}$	$\frac{F\left(\frac{T_1-t}{\sigma}\right)}{F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)}$
Гамма (k — целое)	$\lambda_0 \frac{(\lambda_0 t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda_0 t}$	$e^{-\lambda_0 t} \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}$
Вейбулла	$\lambda_0 k t^{k-1} e^{-\lambda_0 t^k}$	$e^{-\lambda_0 t^k}$
Логарифмически нормальный	$\frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \alpha}{\sigma}\right)^2}$	$\frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{\alpha - \ln t}{\sigma}\right)$

Продолжение табл. XX-2

Закон распределения	Интенсивность	Средняя наработка до отказа
Экспоненциальный	$\lambda = \text{const}$	$\frac{1}{\lambda}$
Релея	$\frac{1}{\sigma^2}$	$\sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}}$
Нормальный усеченный	$\frac{e^{-\frac{(t-T_1)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma \sqrt{2\pi} F\left(\frac{T_1-t}{\sigma}\right)}$	$T_1 + \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi} F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)} e^{-\frac{T_1^2}{2\sigma^2}}$
Гамма (k — целое)	$\frac{\lambda_0 (\lambda_0 t)^{k-1}}{(k-1)! \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}}$	$\frac{k}{\lambda_0}$
Вейбулла	$\lambda_0 k t^{k-1}$	$\frac{\Gamma\left(\frac{1}{k} + 1\right)}{\lambda_0^{\frac{1}{k}}}$
Логарифмически нормальный	$\frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \alpha}{\sigma}\right)^2}}{0,5 + \Phi\left(\frac{\alpha - \ln t}{\sigma}\right)}$	$\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{(\ln t - \alpha)^2}{2\sigma^2}} dt$

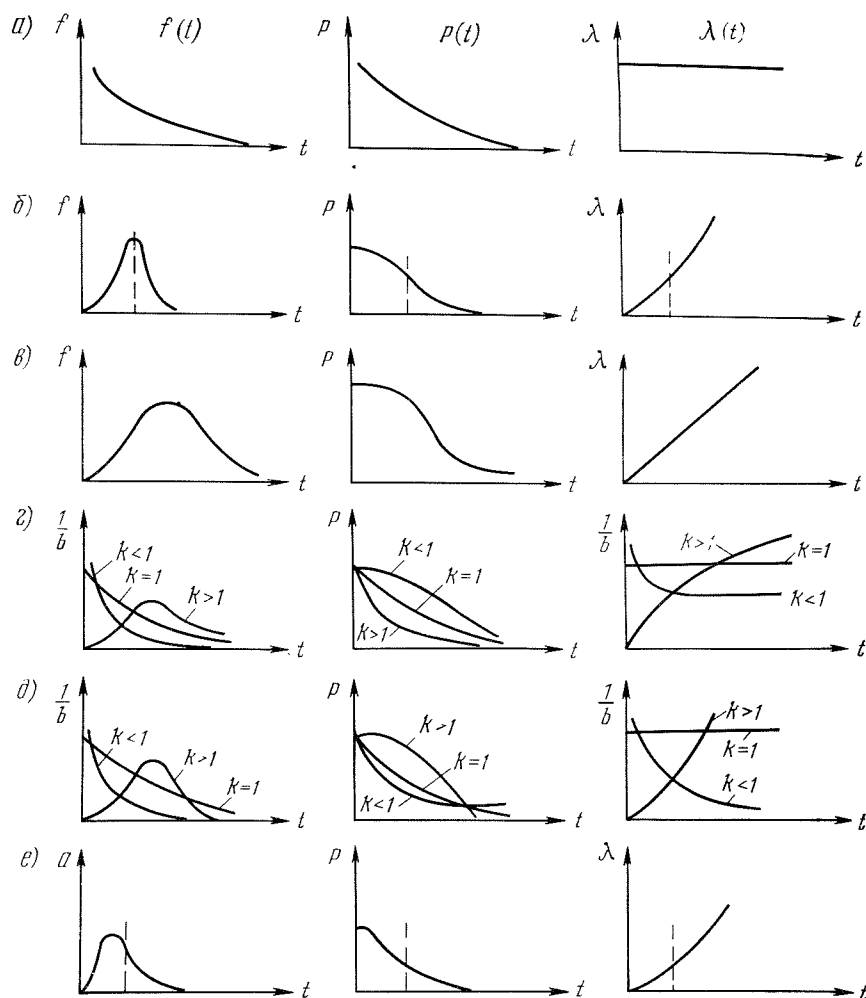


Рис. XX-1. Зависимости количественных характеристик надежности от времени: а — экспоненциальный закон; б — нормальный усеченный закон; в — закон Релея; г — гамма-распределение; д — закон Вейбулла; е — логарифмически нормальный закон

$\lambda(t)$ по параметру потока отказов $\omega(t)$, поступают следующим образом.

На основании данных эксплуатации вычисляют значения $\omega_i(t)$ и строят гистограмму; уравнение ее огибающей определяют, например, методом наименьших квадратов. Затем находят преобразование Лапласа $\omega_i(S)$ функции $\omega_i(t)$. По известной функции $\omega_i(S)$ записывают преобразование Лапласа плотности распределения $f_i(S)$, и по последней — обратное преобразование $f_i(t)$.

Аналитическое выражение интенсивности отказов i -го узла находят в виде

$$\lambda_i(t) = \frac{f_i(t)}{1 - \int_0^t f_i(t) dt}$$

Затем строят график $\lambda_i(t)$.

XX-2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ

По характеру проявления отказы бывают внезапными и постепенными. *Внезапный отказ* характеризуется резким, скачкообразным изменением одного или нескольких параметров. *Постепенный отказ* наступает в результате длительного, постепенного изменения параметров, обычно из-за старения и износа. Скачкообразному изменению параметров при внезапных отказах в большинстве случаев предшествуют медленно протекающие скрытые физико-химические процессы, контроль над которыми из-за их сложности обычно затруднен. Поэтому понятие внезапности отказа в значительной мере определяется возможностью контроля за ходом таких процессов.

Примерами внезапных отказов являются перебои на коллекторах тяговых дви-

гателей, пробой изоляции, появление трещин в узлах локомотивов и др. К постепенным отказам относятся износы трущихся деталей, снижение электрической прочности по мере срока службы, разрегулировка аппаратуры и т. п.

Иногда трудно различить постепенный и внезапный отказы, так как проявляются их комбинации и взаимное влияние.

Когда оба вида отказов не зависят друг от друга, то вероятность безотказной работы локомотива

$$P(t) = P_{вн}(t) P_{пн}(t),$$

где $P_{вн}(t)$ — вероятность безотказной работы при внезапных отказах;

$P_{пн}(t)$ — вероятность безотказной работы при постепенных отказах.

Расчет надежности проводят в следующем порядке.

1. Выбирают узлы электрической и механической части локомотива, которые необходимо учитывать при расчете вероятности безотказной работы или других количественных характеристик надежности. При расчете характеристик надежности различают понятие элемент и система.

Элемент — часть системы, не имеющая самостоятельного эксплуатационного назначения и выполняющая в системе ограниченные функции. Для практического использования любого элемента его объединяют с другими элементами в определенную систему.

Система — совокупность совместно действующих элементов, обеспечивающих выполнение определенных практических задач.

В зависимости от цели расчета один и тот же узел локомотива можно рассматривать как элемент (по отношению к локомотиву в целом) и как систему (если определяется надежность данного узла).

2. Составляют схему расчета надежности локомотива.

Схему целесообразно составлять таким образом, чтобы элементами были конструктивные узлы. Узлы, работающие некоторое время при движении локомотива, классифицируют по продолжительности и режимам работы и для них составляют свои схемы.

Для облегчения расчета надежности вводят понятие «логические соединения элементов», отличающиеся от реального электрического соединения этих элементов в схеме электрооборудования локомотива характером отказов. При расчете надежности различают так называемые последовательное и параллельное соединения. В случае последовательного соединения отказ хотя бы одного элемента приводит к отказу локомотива; в случае параллельного соединения отказ локомотива наступает при отказе всех элементов данного типа. При расчете надежности используют также смешанное соединение.

На рис. XX-2 приведено обычное параллельное электрическое соединение двух элементов, на котором условно показаны два возможных вида отказов: «обрыв» (а) и «короткое замыкание» (б). Поскольку

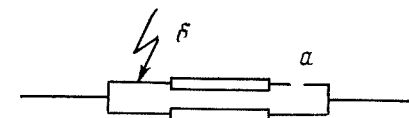


Рис. XX-2. Возможные виды отказов: обрыв а и короткое замыкание б

при обрыве цепи одного элемента другой элемент продолжает работать и отказ системы не наступает, то такая схема с точки зрения надежности представляет логическую схему параллельного соединения элементов. При коротком замыкании одного из элементов другой также оказывается замкнутым накоротко и для этого отказа схема представляет логическое последовательное соединение элементов.

Формулы для расчета вероятности безотказной работы системы при различных соединениях элементов и различных их числах приведены в табл. XX-3. Значения показателей любой системы зависят при прочих равных условиях от числа элементов (рис. XX-3).

3. Выбирают метод расчета надежности.

Для невозстанавливаемых узлов используют табл. XX-2. При экспоненциальном законе распределения времени безотказной работы, который справедлив для периода нормальной эксплуатации $\lambda = \text{const}$. В этом случае $P(t) = e^{-\Lambda t}$,

здесь $\Lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i$, N — число элементов системы.

Когда все элементы данного типа равнонадежны, то

$$\Lambda = \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i,$$

где N_i — число элементов i -го типа; r — число типов элементов.

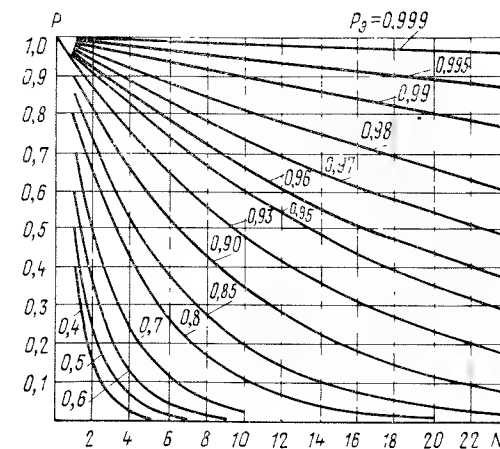
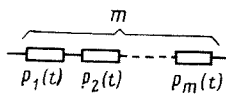
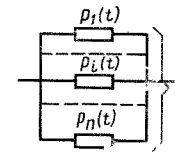
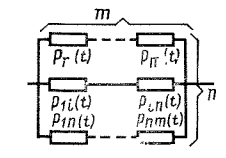
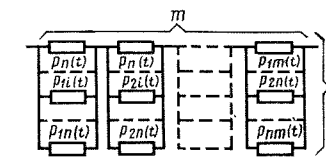


Рис. XX-3. Изменение вероятности безотказной работы системы от числа N последовательно соединенных однотипных равнонадежных элементов

Вероятность безотказной работы системы

Соединение элементов системы	Последовательное	Параллельное
Структура логического соединения элементов системы		
Вероятность безотказной работы системы $P(t)$ при вероятности безотказной работы i -го элемента, равной $p_i(t)$	$P(t) = \prod_{i=1}^m p_i(t)$	$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - p_i(t)]$
То же в случае равнонадежных элементов $p_i(t) = p(t)$	$P(t) = [p(t)]^m$	$P(t) = 1 - [1 - p(t)]^n$

Продолжение

Соединение элементов системы	Смешанное при резервировании	
	общем	раздельном
Структура логического соединения элементов системы		
Вероятность безотказной работы системы $P(t)$ при вероятности безотказной работы i -го элемента, равной $p_{ij}(t)$	$P(t) = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^m p_{ij}(t) \right]^n$	$P(t) = \prod_{i=1}^m \{ 1 - [1 - p_{ij}(t)]^n \}$
То же в случае равнонадежных элементов $p_{ij}(t) = p(t)$	$P(t) = 1 - [1 - p^n(t)]^m$	$P(t) = \{ 1 - [1 - p(t)]^n \}^m$

Если в течение времени работы локомотива элемент имеет не постоянную интенсивность отказов, а существуют интервалы времени, на которых она близка к постоянной, то можно воспользоваться так называемой эквивалентной интенсивностью отказов элемента:

$$\lambda_{\text{эв}} = (\lambda_1 t_1 + \lambda_2 t_2 + \dots + \lambda_n t_n) / t,$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ — интенсивности отказов, соответствующие временам $t_1, t_2, \dots, t_n$ при $t = t_1 + t_2 + \dots + t_n$.

Для расчета показателей надежности восстанавливаемых узлов и локомотива в целом как системы с несколькими возможными соединениями используют математические методы теории массового обслуживания.

4. Рассчитывают количественные характеристики надежности, сравнивают их с указанными в технических условиях на поставку локомотивов. Дают оценку точности расчета методами теории вероятности и математической статистики.

Выводы должны содержать анализ достигнутых показателей надежности и

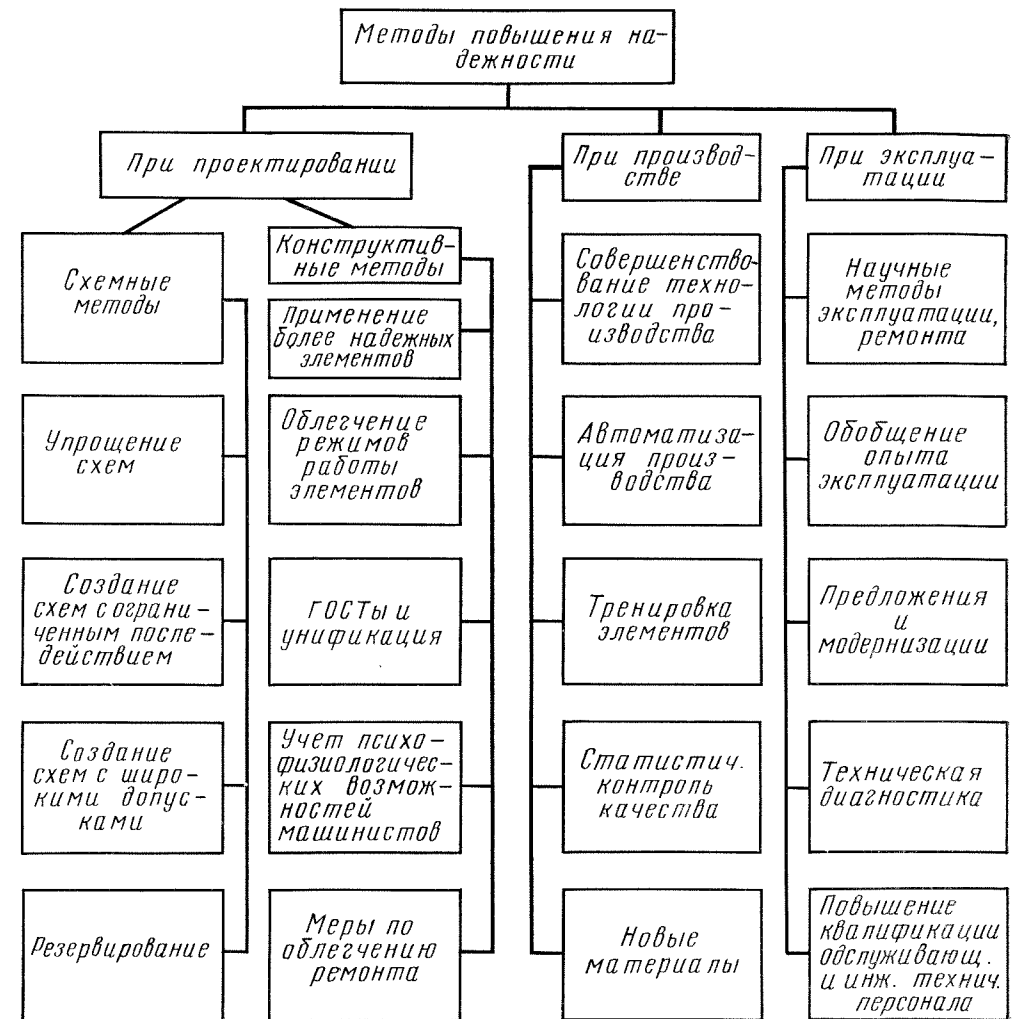


Рис. XX-4. Методы повышения надежности

экономически обоснованные предложения по их увеличению. Основные методы повышения надежности указаны на рис. XX-4. Для наиболее эффективного использования этих методов составляют программу обеспечения требуемого уровня надежности при проектировании локомотива, его изготовлении, эксплуатации и ремонте.

В программу включают комплекс организационно-технических мероприятий, требований и правил, которые следует выполнять на каждом этапе создания, эксплуатации и ремонта локомотивов. При составлении программы учитывают требуемый уровень надежности, сложность данного узла локомотива, характер и объем производства, условия и особенности эксплуатации и ремонта.

В программе обеспечения надежности целесообразно указать метод разработки математической модели, позволяющей распределить количественные требования к уровню надежности между узлами локомо-

тива и оценить его надежность в каждом из возможных режимов работы.

При расчете надежности локомотив рассматривают как систему с несколькими возможными состояниями. Число таких состояний конечное, его определяют существующей системой технического содержания локомотивов (безотказная работа, плановые ремонты, осмотры, отказы, внеплановые ремонты и ожидания).

Поток отказов локомотива считают простейшим: плотность его постоянна (условие стационарности), одновременное возникновение двух и более отказов невозможно (условие ординарности), закон распределения числа отказов на любом промежутке времени не зависит от характера потока до и после этого промежутка (условие отсутствия последствия). Переход из одного состояния в другое характеризуется вероятностью, определенной в результате статистической обработки данных эксплуатации. Считают, что вероятность перехода из одного состояния в другое не зависит от

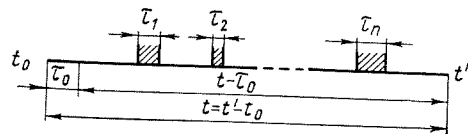


Рис. XX-5. Схема возможных ситуаций при нахождении локомотива на линии

предшествующего состояния, т. е. случайный процесс перехода из одного состояния в другое является марковским.

Наиболее простой случай расчета надежности локомотива определяют по схеме нахождения его в одном из двух возможных состояний: работоспособном или неработоспособном. Считают, что при этой схеме локомотив выполняет плановое задание по перевозкам за время $t = t' - t_0$ при любой из следующих ситуаций (рис. XX-5): локомотив находится в рабочем состоянии к моменту времени (t_0) выдачи его на контрольный пункт и не откажет за время t ; локомотив не исправен к моменту времени t_0 , но восстанавливается за время $\tau_0 < t$ и не откажет за оставшееся время $t - \tau_0$,

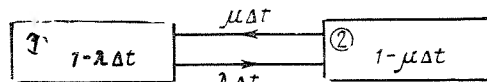


Рис. XX-6. Граф переходов локомотива как системы с двумя состояниями

еще достаточное для выполнения задания по перевозкам; после первого и последующих отказов на перегоне локомотив не требует межпоездного ремонта и восстанавливается за время меньшее допустимого времени простоя на перегоне τ_d .

Применительно к этим ситуациям вероятность того, что задание по перевозкам не будет сорвано из-за ненадежности локо-

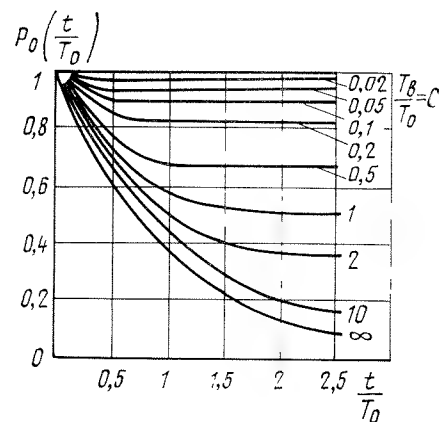


Рис. XX-7. Зависимости вероятности готовности от отношения t/T_0

мотива оценивают вероятностью нормального функционирования локомотива:

$$P_{\text{нф}}(t) = P_0 P(t) \left\{ 1 + \sum_{k=1}^n [1 - P(t)]^k \gamma^k(\tau_d) \right\}, \quad (\text{XX-1})$$

где P_0 — вероятность готовности локомотива к моменту выдачи его на контрольный пункт;

$P(t)$ — вероятность безотказной работы локомотива за время t ;

$\gamma(\tau_d)$ — вероятность восстановления работоспособного состояния локомотива за допустимое время простоя на перегоне τ_d ;

n — количество отказов локомотива за время t ;

k — порядковый номер отказа ($1 \leq k \leq n$).

Формула (XX-1) применена при условиях, что $\sum_{k=1}^n \tau_k \leq t$ и $\gamma(\tau_k) \approx \gamma(\tau_d)$.

Для локомотива как системы с двумя состояниями (работа — состояние 1, отказ — состояние 2) граф переходов представлен на рис. XX-6.

Процесс перехода из одного состояния в другое считают однородным марковским процессом (вероятность перехода зависит только от того, между какими состояниями осуществляется переход в данный момент, и не зависит от предыстории процесса).

При среднем времени работы между отказами $T_0 = \frac{1}{\lambda}$ и среднем времени восстановления работоспособности локомотива на линии $T_B = \frac{1}{\mu}$ (где μ — интенсивность восстановления) вероятность безотказной его работы

$$P(t) = \frac{T_0}{T_0 + T_B} + \left(1 - \frac{T_0}{T_0 + T_B} \right) e^{-\frac{T_0 + T_B}{T_0 T_B} t}$$

или

$$P(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \left(1 - \frac{\mu}{\lambda + \mu} \right) e^{-(\lambda + \mu)t}. \quad (\text{XX-2})$$

При установившемся режиме эксплуатации, т. е. при $t \rightarrow \infty$ стационарное значение $P(t)$, равное P_0 , представляет собой коэффициент готовности локомотива

$$P_0 = \kappa_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}. \quad (\text{XX-3})$$

Вероятность нахождения локомотива в состоянии восстановления его работоспособности

$$1 - P_0 = \frac{T_B}{T_0 + T_B} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}.$$

На рис. XX-7 представлены зависимости вероятности готовности от отношения $\frac{t}{T_0}$ при различных значениях отноше-

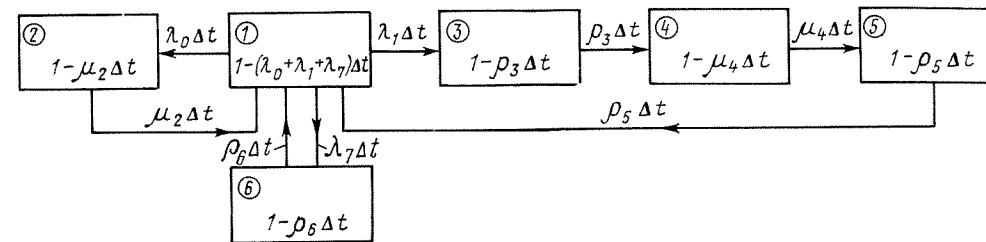


Рис. XX-8. Граф переходов локомотива с учетом внеплановых ремонтов и простоев: 1-6 — возможные состояния локомотива

ния, T_B/T_0 причем время работы t выражено в относительных единицах. При $\frac{T_B}{T_0} = 0,1$ и менее вероятность $P_0(t)$ быстро сходится к своему стационарному значению $P_0 = \kappa_r$. Это позволяет приближенно считать, что вероятность исправного состояния локомотива в любой момент времени при установившемся режиме эксплуатации определяется его коэффициентом готовности.

Поскольку допустимое время восстановления работоспособного состояния локомотива на линии ограничено 15—30 мин,

то, полагая $P(t) = e^{-\frac{t}{T_0}}$ и пренебрегая вторым слагаемым в фигурной скобке формулы (XX-1), получим

$$P_{\text{нф}}(t) = P_0 P(t) = \frac{T_0}{T_0 + T_B} e^{-\frac{t}{T_0}}, \quad (\text{XX-4})$$

т. е. надежность локомотива представляет собой вероятность того, что он, будучи с вероятностью $P_0 = \kappa_r$ в работоспособном

состоянии к моменту времени t_0 выдачи на контрольный пункт не откажет за время t . При установившемся режиме эксплуатации коэффициент $\kappa_r = \kappa_r$.

Для определения надежности локомотива в промежутках между плановыми ремонтами учитывают время межпоездных ремонтов и простоев. При этом локомотив может находиться в одном из следующих шести возможных состояний: 1) исправен и работает; 2) восстанавливается после отказа на перегоне за время τ_d ; 3) ожидает внепланового ремонта после отказа; 4) находится в межпоездном ремонте; 5) простаивает в ожидании поезда после выполнения межпоездного ремонта; 6) простаивает в исправном состоянии в ожидании поезда.

Граф переходов для этой схемы состояний представлен на рис. XX-8.

В предположении экспоненциального закона распределения времени в каждом из возможных состояний, справедлива табл. XX-4.

Для рассматриваемой системы рис. XX-8 при установившемся режиме

Таблица XX-4

Интенсивности перехода и законы распределения времени

Интенсивность перехода	Время	Закон распределения времени
$\lambda_0 = \frac{1}{T_0}$	Между отказами, восстанавливаемыми на перегоне	$F_0(t) = 1 - e^{-\lambda_0 t}$
$\lambda_1 = \frac{1}{T_1}$	Между отказами, восстанавливаемыми в депо на межпоездном ремонте	$F_1(t) = 1 - e^{-\lambda_1 t}$
$\mu_2 = \frac{1}{T_2}$	Восстановления на перегоне	$F_2(t) = 1 - e^{-\mu_2 t}$
$\rho_3 = \frac{1}{T_3}$	Ожидания межпоездного ремонта	$F_3(t) = 1 - e^{-\rho_3 t}$
$\mu_4 = \frac{1}{T_4}$	Межпоездного ремонта	$F_4(t) = 1 - e^{-\mu_4 t}$
$\rho_5 = \frac{1}{T_5}$	Простоя после межпоездного ремонта	$F_5(t) = 1 - e^{-\rho_5 t}$
$\rho_6 = \frac{1}{T_6}$	Простоя в ожидании поезда	$F_6(t) = 1 - e^{-\rho_6 t}$
$\lambda_7 = \frac{1}{T_7}$	Между отстоями	$F_7(t) = 1 - e^{-\lambda_7 t}$

эксплуатации коэффициент готовности локомотива (состояния 1, 5 и 6)

$$\kappa_r = P_1 + P_5 + P_6 = P_1 \left(1 + \frac{\lambda_1}{\rho_5} + \frac{\lambda_7}{\rho_6} \right)$$

или

$$\kappa_r = \frac{1 + \frac{\lambda_1}{\rho_5} + \frac{\lambda_7}{\rho_6}}{1 + \frac{\lambda_0}{\mu_2} + \lambda_1 \left(\frac{1}{\rho_3} + \frac{1}{\mu_4} + \frac{1}{\rho_5} \right) + \frac{\lambda_7}{\rho_6}} \quad (XX-5)$$

Коэффициент готовности возрастает с увеличением среднего времени между отказами, среднего времени простоя после межпоездного ремонта и среднего времени отстоя. С увеличением остальных составляющих вероятностей коэффициент готовности уменьшается.

Коэффициент использования локомотива (локомотив находится только в первом из возможных состояний):

$$\kappa_{\text{и}} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_0}{\mu_2} + \lambda_1 \left(\frac{1}{\rho_2} + \frac{1}{\mu_4} + \frac{1}{\rho_5} \right) + \frac{\lambda_7}{\rho_6}} \quad (XX-6)$$

Коэффициент использования растет при увеличении среднего времени между отказами, при увеличении P_1 и уменьшении остальных вероятностей возможных состояний.

Коэффициент незанятости локомотива (простой в исправном состоянии — состояния 5 и 6):

$$\kappa_{\text{н}} = P_5 + P_6 = P_1 \left(\frac{\lambda_1}{\rho_5} + \frac{\lambda_7}{\rho_6} \right)$$

или

$$\kappa_{\text{н}} = \frac{\frac{\lambda_1}{\rho_5} + \frac{\lambda_7}{\rho_6}}{1 + \frac{\lambda_0}{\mu_2} + \lambda_1 \left(\frac{1}{\rho_3} + \frac{1}{\mu_4} + \frac{1}{\rho_5} \right) + \frac{\lambda_7}{\rho_6}}$$

Коэффициент незанятости локомотива уменьшается при сокращении среднего времени простоя после межпоездного ремонта и среднего времени отстоя.

Учет плановых (деповских и заводских) ремонтов локомотива. Пребывание локомотива в плановых видах ремонта означает соответствующее увеличение числа его возможных состояний.

Статистическая обработка накопленных в эксплуатации данных показывает, что в отличие от внеплановых ремонтов распределение времени безотказной работы локомотивов между плановыми ремонтами описывается не экспоненциальным законом, а нормальным распределением.

Поэтому вероятность безотказной работы локомотива с учетом плановых ремонтов

$$P(t) = P_{\text{вн}}(t) P_{\text{пл}}(t),$$

где $P_{\text{вн}}(t)$ — вероятность безотказной работы локомотива при внеплановых ремонтах;
 $P_{\text{пл}}(t)$ — то же, при плановых ремонтах.

Вероятность безотказной работы при плановом ремонте данного вида

$$P_{\text{пл}}(t) = 0,5 - \Phi(z),$$

где $z = \frac{t - T_{\text{пл}}}{\sigma_{\text{пл}}}$;

$T_{\text{пл}}$ — среднее время (пробег) между плановыми ремонтами данного вида;
 $\sigma_{\text{пл}}$ — среднее квадратичное отклонение времени безотказной работы между плановыми ремонтами данного вида.
Надежность локомотива с учетом не только внеплановых, но и планового ремонта данного вида

$$P(t) = \kappa_r [0,5 - \Phi(z)],$$

где значение κ_r определяется по формуле (XX-3) или (XX-5) в зависимости от принятой схемы состояний локомотива.

Степень влияния каждого из параметров, от которых зависит вероятность пребывания локомотива в любом из возможных состояний, определяют в общем виде как частный дифференциал исходного выражения по соответствующей переменной. Например,

$$d\kappa_i = \frac{\partial \kappa_i}{\partial \lambda_j} d\lambda_j.$$

В конечных приращениях и относительных единицах

$$\Delta \kappa_{i0} = \frac{\bar{\Delta \kappa}_i}{\bar{\Delta \lambda}_j} \frac{\bar{\lambda}_j}{\bar{\lambda}_i} d\lambda_{j0},$$

где $\Delta \lambda_{j0} = \frac{\Delta \bar{\lambda}_j}{\bar{\lambda}_j}$ (черта над символами означает их номинальные значения).

Аналогичным образом находят степень влияния изменения параметров μ_i и ρ_i на κ_r , $\kappa_{\text{и}}$ и другие показатели.

При определении верхней и нижней границ значений κ_r , $\kappa_{\text{и}}$, $\kappa_{\text{н}}$ в числителе и знаменателе берут максимальные и минимальные значения соответствующих параметров так, чтобы получить наибольшее и наименьшее отклонения от номинала. Например, применительно к схеме рис. XX-8

$$\begin{aligned} \kappa_{\text{и max}} &= \frac{1}{1 + \frac{\lambda_0 \text{ min}}{\mu_2 \text{ max}} + \lambda_1 \text{ min} \left(\frac{1}{\rho_3 \text{ max}} + \frac{1}{\mu_4 \text{ max}} + \frac{1}{\rho_5 \text{ max}} \right) + \frac{\lambda_7 \text{ min}}{\rho_6 \text{ max}}} \\ &\rightarrow \frac{1}{1 + \frac{\lambda_0 \text{ min}}{\mu_2 \text{ max}} + \lambda_1 \text{ min} \left(\frac{1}{\rho_3 \text{ max}} + \frac{1}{\mu_4 \text{ max}} + \frac{1}{\rho_5 \text{ max}} \right) + \frac{\lambda_7 \text{ min}}{\rho_6 \text{ max}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\kappa_{\text{и min}}}{1 + \frac{\lambda_0 \text{ max}}{\mu_2 \text{ min}} + \lambda_1 \text{ max} \left(\frac{1}{\rho_3 \text{ min}} + \frac{1}{\mu_4 \text{ min}} + \frac{1}{\rho_5 \text{ min}} \right) + \frac{\lambda_7 \text{ max}}{\rho_6 \text{ min}}} \end{aligned}$$

Для существующих локомотивов минимальные и максимальные значения параметров λ_i , μ_i и ρ_i принимают по результатам статистической обработки данных эксплуатации, а для проектируемых локомотивов — исходя из условий их работы и организации системы обслуживания.

Надежность локомотивов при немарковских процессах (гиперэкспоненциальное распределение). До сих пор надежность локомотивов рассматривалась в предположении, что поток отказов является простейшим (марковским), при котором распределение времени между отказами описывается экспоненциальным законом с параметром λ , представляющим собой интенсивность отказов.

Однако обработка данных эксплуатации по отказам локомотивов свидетельствует, что в ряде случаев как поток отказов, так и поток восстановления не являются марковскими, а каждый из них представляет собой сумму экспонент. Такие потоки называют гиперэкспоненциальными.

Для гиперэкспоненциальных процессов характерен показательный закон распределения интервалов времени между последовательными событиями с параметрами $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ и вероятностью каждого из них соответственно $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ (при этом $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$).

Плотность гиперэкспоненциального распределения времени между отказами

$$f_1(t) = \alpha_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \alpha_2 \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} + \dots + \alpha_k \lambda_k e^{-\lambda_k t}$$

и плотность времени восстановления

$$f_2(t) = \beta_1 \mu_1 e^{-\mu_1 t} + \beta_2 \mu_2 e^{-\mu_2 t} + \dots + \beta_k \mu_k e^{-\mu_k t}$$

являются линейными композициями показательных плотностей вероятностей. Конкретные значения α_i и μ_i находят по результатам обработки статистических данных эксплуатации, выделяя из общего потока их наиболее характерные составляющие. Сложность решения таких задач очевидна.

Если система ремонтов локомотивов такова, что нет очереди и новый локомотив поступает на стойло после окончания ремонта предыдущего, то такие процессы обслуживания, характерные для одноканальных систем, сводятся к марковским, каждый из которых может быть исследован методами, изложенными выше.

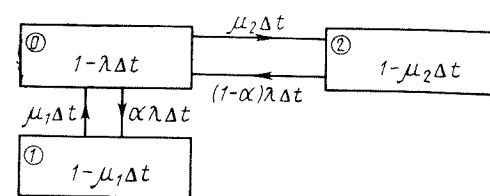


Рис. XX-9. Граф переходов при пуассоновском потоке отказов и гиперэкспоненциальном потоке восстановления:

0, 1, 2 — состояния локомотива

Статистическая обработка данных эксплуатации об отказах локомотивов свидетельствует, что при анализе общего гиперэкспоненциального потока отказов обычно можно ограничиться суммой двух его составляющих:

1. С интенсивностью отказов некоторых узлов локомотивов того же порядка, что и интенсивность общего потока, т. е. с распределением времени между отказами по закону $f_{10}(t) = \lambda e^{-\lambda t}$, но с интенсивностью восстановления в виде гиперэкспоненциального закона, имеющего плотность $f_{20}(t) = \alpha \mu_1 e^{-\mu_1 t} + (1 - \alpha) \mu_2 e^{-\mu_2 t}$.

2. С гиперэкспоненциальным законом отказов остальных узлов локомотива в виде: $f_{21}(t) = \alpha \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + (1 - \alpha) \lambda_2 e^{-\lambda_2 t}$ и экспоненциальным законом распределения времени восстановления $f_{22}(t) = \mu e^{-\mu t}$.

В этих выражениях α — вероятность приработочного отказа; λ_1, λ_2 — интенсивность приработочного и неприработочного отказов соответственно; $(1 - \alpha)$ — вероятность увеличения простоя при восстановлении локомотива, обусловленная спецификой организации системы его обслуживания и ремонта.

Вероятность безотказной работы локомотива и вероятность его восстановления при пуассоновском потоке отказов с плотностью распределения времени между отказами $f_{10}(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ и гиперэкспоненциальном распределении времени восстановления с плотностью $f_{20}(t) = \alpha \mu_1 e^{-\mu_1 t} + (1 - \alpha) \mu_2 e^{-\mu_2 t}$ определяют с помощью графа переходов (рис. XX-9). Система имеет два составляющих потока восстановления: один с интенсивностью μ_1 и вероятностью α , другой с интенсивностью μ_2 и вероятностью $(1 - \alpha)$.

По этой схеме локомотив в произвольный момент может находиться в одном из следующих трех состояний:

состояние 0 — локомотив исправен, работает безотказно; ремонтное стойло пусто;

состояние 1 — локомотив отказал, восстановление происходит за время $T_{\text{в1}} = \frac{1}{\mu_1}$;

состояние 2 — локомотив отказал, восстановление происходит за время $T_{\text{в2}} = \frac{1}{\mu_2}$.

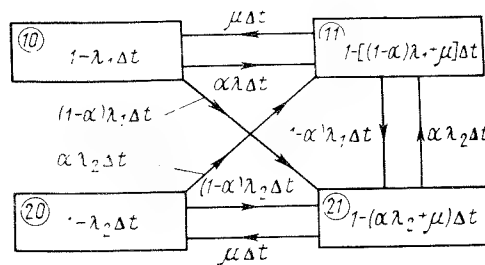


Рис. XX-10. Граф переходов при гиперэкспоненциальном потоке отказов и экспоненциальном потоке восстановления

Вероятность безотказной работы локомотива (исправного состояния) при установившемся режиме эксплуатации ($t \rightarrow \infty$), соответствующая пребыванию его в состоянии 0, определяется в виде

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\alpha\lambda}{\mu_1} + \frac{(1-\alpha)\lambda}{\mu_2}};$$

вероятность нахождения в ремонте со средней продолжительностью восстановления T_{B1} составляет

$$P_1 = \frac{\alpha\lambda}{\mu_1} P_0;$$

вероятность пребывания в ремонте со средней продолжительностью восстановления T_{B2}

$$P_2 = \frac{(1-\alpha)\lambda}{\mu_2} P_0.$$

Для определения вероятности безотказной работы локомотива и вероятности его восстановления при гиперпуассоновском потоке отказов и экспоненциальном распределении времени ремонта используют граф переходов (рис. XX-10). При этом поток отказов состоит из двух составляющих с интенсивностями λ_1 и λ_2 соответственно.

Плотность распределения времени между отказами в таком составном потоке может быть записана в виде

$$f_{21}(t) = \alpha\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + (1-\alpha)\lambda_2 e^{-\lambda_2 t},$$

а плотность распределения времени восстановления в виде

$$f_{22}(t) = \mu e^{-\mu t}.$$

В произвольный момент времени локомотив может находиться в одном из следующих четырех состояний (см. рис. XX-10): состояние 10 — локомотив работает со средним временем безотказной работы (наработкой на отказ) $T_1 = \frac{1}{\lambda_1}$;

состояние 20 — то же со временем $T_2 = \frac{1}{\lambda_2}$;

состояние 11 — локомотив находится в ремонте после отказа с интенсивностью λ_1 ;

состояние 21 — то же с интенсивностью λ_2 .

Вероятность безотказной работы локомотива при среднем времени между отказами T_1 составит при установившемся режиме эксплуатации ($t \rightarrow \infty$)

$$P_{10} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \left(1 + \frac{\lambda_2}{\mu_2}\right) \frac{(1-\alpha)(\lambda_1 + \mu)\lambda_1}{\alpha(\mu + \lambda_2)\lambda_2}};$$

Вероятность безотказной работы локомотива при среднем времени между отказами T_2 при $t \rightarrow \infty$:

$$P_{20} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_2}{\mu} + \left(1 + \frac{\lambda_1}{\mu}\right) \frac{\alpha(\mu - \lambda_2)\lambda_2}{(1-\alpha)(\mu + \lambda_1)\lambda_1}};$$

вероятность нахождения локомотива в ремонте после отказа с интенсивностью λ_1 составит

$$P_{11} = \frac{\lambda_1}{\mu} P_{10};$$

вероятность нахождения локомотива в ремонте после отказа с интенсивностью λ_2

$$P_{21} = \frac{\lambda_2}{\mu} P_{20}.$$

В качестве примера в табл. XX-5 приведены значения параметров законов распределения времени между отказами и времени восстановления (λ_i и μ_i) при немарковских процессах, показатели надежности электровозов ВЛ60 при пуассоновском потоке отказов и гиперэкспоненциальном распределении времени восстановления (вероятности состояний P_0, P_1, P_2) и при гиперпуассоновском потоке отказов и экспоненциальном распределении времени восстановления (вероятности состояний $P_{10}, P_{20}, P_{11}, P_{21}$), полученные в результате статистической обработки данных, собранных на одной из электрифицированных железных дорог.

Исходная диаграмма потока отказов этих электровозов представлена на рис. XX-11. Данные табл. XX-5 свидетельствуют о том, что вероятность безотказной работы электровозов составляет 95—99%.

В парке эксплуатируется в среднем около 4% электровозов, имеющих скрытые дефекты и пониженную надежность. Более точное решение задачи может быть получено, если рассматривать поток восстановления электровозов (удовлетворение заявок на ремонт) как многоканальную систему обслуживания, в которой параметры законов распределения зависят от состояния системы. Однако сложность решения таких задач в этом случае резко возрастает.

Особенности расчета показателей надежности механической части локомотивов. Отказы механической части локомотивов

Таблица XX-5
Параметры законов распределения времени между отказами λ_i и времени восстановления μ_i

Составляющие общего потока отказов	Узел электровоза	Параметры закона распределения потока отказов, 1/ч	Параметры закона распределения времени восстановления, 1/ч	Вероятность состояния электровоза, %			
				P_0	P_1	P_2	—
Пуассоновский поток отказов и гиперпуассоновский поток восстановления	Электрооборудование (исключая тяговые двигатели)	$\lambda^* = 3,36 \cdot 10^{-4}$	$\alpha^* = 0,8170$ $\mu_1^* = 0,0943$ $\mu_2^* = 0,0183$	99,38	0,29	0,33	—
	Детали механической части	$\lambda^* = 1,27 \cdot 10^{-4}$	$\alpha^* = 0,7750$ $\mu_1^* = 0,0550$ $\mu_2^* = 0,0050$	99,30	0,29	0,50	—
Гиперпуассоновский поток отказов и пуассоновский поток восстановления	Тяговые двигатели	$\alpha^* = 0,3680$ $\lambda_1^* = 0,0080$ $\lambda_2^* = 0,0006$	$\mu^* = 0,0530$	P_{10}	P_{20}	P_{11}	P_{21}
				3,75	94,60	0,55	1,10
	Электрические цепи	$\alpha^* = 0,1960$ $\lambda_1^* = 0,0150$ $\lambda_2^* = 0,0002$	$\mu^* = 0,0667$	0,17	99,50	0,01	0,29
	Сглаживающие реакторы	$\alpha^* = 0,3140$ $\lambda_1^* = 0,0190$ $\lambda_2^* = 0,0001$	$\mu^* = 0,0520$	0,06	99,60	0,05	0,29

* Параметры, найденные по статистическим данным, накопленным в эксплуатации.

могут явиться причинами хрупкого разрушения, усталостного разрушения и износа. Опыт эксплуатации показывает, что возникновение этих отказов во многом зависит от процессов взаимодействия пути и локомотивов, меняющихся случайным образом при движении локомотива. Установлено, что при постоянной скорости на прямом пути процесс взаимодействия является стационарным эргодическим и нестационарным в остальных случаях. Поэтому обычно определение показателей надежности механической части локомотивов ведут не только с учетом качества изготовления конструкции, но и с учетом характеристик ее случайного нагружения.

Если $P_0(t, x_1, x_2, \dots, x_n)$ — условная надежность данной конструкции механической части локомотива, зависящая от параметров $x_1, x_2, \dots, x_n$, характеризующих механические свойства материала, качество и технологию изготовления данного узла а $p(x_1, x_2, \dots, x_n)$ — совместная плотность вероятностей этих параметров, то надежность узла (время его безотказной работы)

$$P(t) = \int \dots \int P_0(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \times \\ \times p(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n.$$

Для случая, когда нагрузка определяется одним параметром $r(t)$, имеющим

нормальное распределение, и отказ наступает при условии $R > r$, условная надежность приближенно определяется в виде

$$P_0(t) = 1 - \frac{\omega_{эфф} t}{2\pi} \exp \left[-\frac{(R - \bar{r})^2}{2\sigma_r^2} \right].$$

При усталостном разрушении, когда случайный процесс изменения напряжений в данном узле (конструкции) является

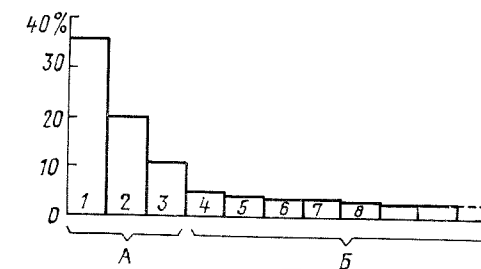


Рис. XX-11. Диаграмма потока отказов узлов электровозов ВЛ60:

А — гиперпуассоновский поток отказов и пуассоновский поток восстановления; Б — пуассоновский поток отказов и гиперпуассоновский поток восстановления; 1 — тяговые двигатели; 2 — электрические цепи; 3 — сглаживающие реакторы; 4 — мотор-вентиляторы; 5 — радиостанции; 6 — выпрямительные установки; 7 — токоприемники; 8 — лобовые стекла и т. д.

узкополосным, т. е. может быть представлен нормальным распределением с математическим ожиданием, равным нулю, и незначительным отклонением σ_σ , вероятность безотказной работы данного узла

$$P_0(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t < T_0; \\ 0 & \text{при } t \geq T_0. \end{cases}$$

Среднюю долговечность определяют по формуле

$$T_0 = \frac{N_0 T_{\text{эфф}} \left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_\sigma} \right)^m}{2^{\frac{m}{2}} \Gamma \left(\frac{m+2}{2} \right) P \left[\left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_\sigma} \right)^2, m+2 \right]},$$

где $T_{\text{эфф}} = 2\pi \sqrt{\frac{\int_0^\infty \Phi(\omega) d\omega}{\int_0^\infty \omega^2 \Phi(\omega) d\omega}}$ — «эффек-

тивный» период изменения напряжений, определяемый в результате статистической обработки записей случайного процесса изменения напряжений данного узла;

N_0 — базовое число циклов изменения напряжений;

$\Phi(\omega)$ — спектральная плотность случайного процесса изменения напряжений;

$\Gamma \left(\frac{m+2}{2} \right)$ — гамма-функция аргумента m — показателя кривой усталости;

$P \left[\left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_\sigma} \right)^2, m+2 \right]$ — функция χ^2 распределения Пирсона.

Если рассматривается отказ, вызванный износом узла, то учитывая, что время безотказной работы при износе имеет, как показывают данные эксплуатации, нормальное распределение, вероятность безотказной работы данного узла

$$P(t) = 0,5 - \Phi(z),$$

где $\Phi(z)$ — функция Лапласа;

$$z = \frac{t - T_0}{\sigma_T};$$

T_0 — среднее время безотказной работы данного узла по износу;

σ_T — среднее квадратичное отклонение времени работы данного узла от его среднего значения.

Для N однотипных узлов локомотива, подверженных износу, считая отказы их независимыми, вероятность безотказной работы

$$P(t) = \prod_{i=1}^N [0,5 - \Phi(z)].$$

Если локомотив имеет k групп однотипных узлов при количестве N_i равнонадежных узлов в i -й группе, вероятность безотказной работы

$$P(t) = \prod_{i=1}^k [0,5 - \Phi(z)]_i^{N_i}.$$

Однако испытания одних и тех же сварных конструкций механической части локомотивов на вибростендах показали, что они имеют из-за нестабильности свойств применяемых материалов и технологии изготовления значительные разбросы запаса прочности. Законы распределения этого запаса прочности устанавливают статистическими методами, используя основные положения технических требований к проектируемым локомотивам по условиям прочности, динамики и воздействия на путь. Согласно этим требованиям для оценки усталостной прочности конструкции выполняют детерминистический расчет коэффициента запаса прочности n_σ при асимметричном цикле нагружения:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\kappa \sigma_v + \psi \sigma_m} \geq 2,0, \quad (\text{XX-7})$$

где σ_{-1} — предел выносливости образца при симметричном цикле (берется по справочным материалам для принятой марки стали с учетом характера циклического нагружения деталей);

$\kappa = \kappa_D \frac{\kappa_1 \kappa_2}{\gamma m}$ — эффективный коэффициент, учитывающий снижение выносливости детали;

κ_D — эффективный коэффициент концентрации напряжений;

κ_1 — коэффициент, учитывающий неоднородность материала детали;

κ_2 — коэффициент, учитывающий внутреннее напряжение детали;

γ — коэффициент, учитывающий размеры детали;

m — коэффициент, учитывающий состояние поверхности детали;

σ_v — амплитуда напряжения цикла (берется по данным испытаний как наиболее часто повторяющаяся из максимальных замедленных при движении локомотива с конструкционной скоростью);

$\psi = \frac{2\sigma_{-1} - \sigma_0}{\sigma_0}$ — коэффициент чувствительности металла к асимметрии цикла нагружения (σ_0 — предел выносливости при пульсирующем цикле);

$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$ — статическая составляющая напряжений (принимают по результатам испытаний).

Значения всех коэффициентов берут по справочным данным для общего машиностроения с учетом характера нагружения и изготовления деталей (сварки, литья и т.д.).

Аналогично в обозначениях, относящихся к режиму кручения,

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\kappa \tau_v + \psi_\tau \tau_m} \geq 2,0. \quad (\text{XX-8})$$

Поскольку в действительности величины, входящие в формулы (XX-7) и (XX-8), имеют разброс относительно средних значений, плотность распределения вероятностей возможных значений коэффициента запаса как отношения двух случайных величин в предположении нормального закона распределения статистически независимых параметров, имеет вид:

$$p(n_\sigma) = \frac{1}{2\pi \sqrt{D_\sigma D_z}} \times \left[\frac{e^{-C}}{A} + \frac{B}{A \sqrt{A}} e^{\left(\frac{B^2 - C}{A} \right) + \frac{B}{\sqrt{A}}} \int_{-\frac{B}{\sqrt{A}}}^{\frac{B}{\sqrt{A}}} e^{-u^2} du \right], \quad (\text{XX-9})$$

где

$$A = \frac{n_\sigma^2}{2D_\sigma} + \frac{1}{2D_z}; \quad B = \frac{\bar{\sigma}_{-1} n_\sigma}{2D_\sigma} + \frac{\bar{z}}{2D_z};$$

$$C = \frac{\bar{\sigma}_{-1}^2}{2D_\sigma} + \frac{\bar{z}^2}{2D_z};$$

$$u = \sqrt{A} \left(t + \frac{B}{A} \right);$$

$$\bar{z} = \bar{\kappa} \sigma_v + \bar{\psi} \sigma_m;$$

D_σ — дисперсия распределения значений;

$D_z = \sigma_{\sigma_{-1}}^2 D_\kappa + \sigma_m^2 D_\psi$ — дисперсия распределения параметра z ;

D_κ, D_ψ — дисперсии распределения соответственно параметров κ и ψ .

Применительно к формуле (XX-8) справедливы обозначения:

$$A = \frac{n_\tau^2}{2D_\tau} + \frac{1}{2D_z}; \quad B = \frac{\bar{\tau}_{-1} n_\tau}{2D_\tau} + \frac{\bar{z}}{2D_z};$$

$$C = \frac{\bar{\tau}_{-1}^2}{2D_\tau} + \frac{\bar{z}^2}{2D_z}; \quad \bar{z} = \bar{\kappa} \tau_v + \bar{\psi}_\tau \tau_m;$$

τ_v — текущее значение коэффициента запаса на усталость при кручении;

D_τ — дисперсия распределения параметра τ_{-1} ;

$$D_z = \sigma_{\tau_{-1}}^2 D_\kappa + \sigma_m^2 D_\psi;$$

D_κ, D_ψ — дисперсии распределения соответственно параметров κ и ψ в формуле (XX-8).

На рис. XX-12 представлена кривая плотности распределения значений коэффициента запаса на усталость, рассчитанная на формуле (XX-9) при следующих исходных данных:

$\bar{\sigma}_{-1} = 20$ кгс/мм²; $\bar{\kappa} = 4$;

$\bar{\psi}_\tau = 0,25$; $\sigma_v = 2$ кгс/мм²; $\sigma_m = 4$ кгс/мм²;

$D_\kappa = (0,1\bar{\kappa})^2 = 0,16$; $D_\psi = (0,1\bar{\psi})^2 = 6,25 \cdot 10^{-4}$.

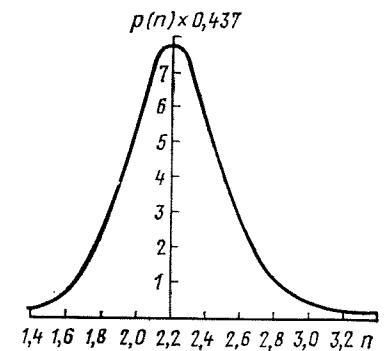


Рис. XX-12. Кривая плотности распределения значений коэффициента запаса на усталость

Номинальное значение коэффициента запаса при этих данных $\bar{n} = 2,222$, что удовлетворяет нормам. Вместе с тем (см. рис. XX-12) 28% конструкций от общего числа имеют коэффициент запаса в пределах $2,0 \leq n \leq 2,222$; 6% конструкций имеют запас прочности ниже номинального на 20% и 1% — меньше номинального на 30%. Поэтому при оценке прочности конструкции не следует ограничиваться только детерминированным значением коэффициента запаса на усталость.

Используя формулу (XX-9) плотности распределения отношения двух случайных нормально распределенных нецентрированных величин, можно найти распределение коэффициентов, характеризующих влияние абсолютных размеров поперечных сечений конструкции на ее сопротивление усталости; коэффициентов, определяющих влияние обработки на предел усталости; коэффициентов, учитывающих влияние методов упрочнения; коэффициентов, характеризующих влияние коррозии и т. п.

Таким образом, исходя из отношения случайных величин оказывается возможным получить обширную информацию для оценки фактических запасов прочности конструкции при заданном режиме нагружения.

Количественные характеристики надежности локомотивов и их узлов можно получить различными методами: 1) статистической обработкой данных об отказах в эксплуатации; 2) сравнительной оценкой конструкций по коэффициентам пересчета, проверенным в условиях эксплуатации; 3) по результатам ускоренных испытаний.

Первый метод требует длительного периода эксплуатации; второй — обособленных коэффициентов пересчета, которых пока в локомотивостроении не накоплено. Третий метод — метод ускоренных испытаний. При этом методе обычные эксплуатационные режимы заменяются форсированными. Метод не требует дополнительных данных и позволяет получить характеристики надежности узлов в процессе опыта.

Основная трудность в осуществлении ускоренных испытаний заключается в том,

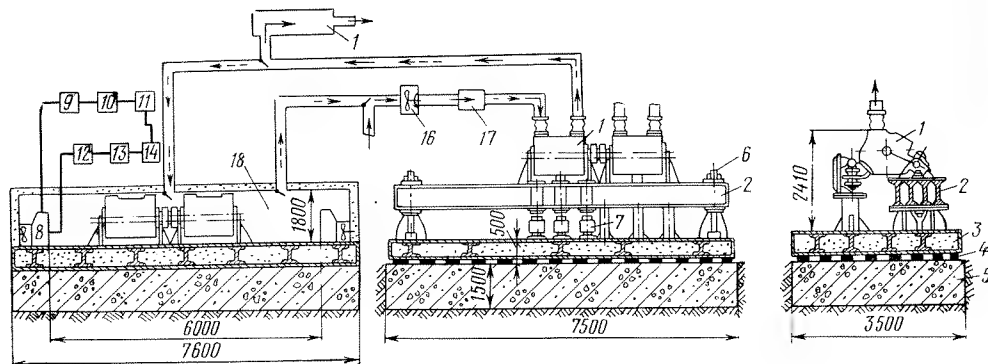


Рис. XX-13. Резонансный вибростенд для комплексных испытаний крупных узлов локомотивов: 1 — испытываемый тяговый двигатель; 2 — инерционный вибростол; 3 — монтажная рама; 4 — амортизаторы; 5 — фундамент; 6 — опоры; 7 — электромагнитные вибраторы; 8 — испаритель; 9 — компрессор низкого давления; 10 — охладитель; 11 — компрессор среднего давления; 12 — конденсатор; 13 — компрессор высокого давления; 14 — охладитель; 15 — расширитель; 16 — вентилятор; 17 — дозирующее устройство; 18 — холодильная камера

чтобы при назначении форсированных режимов не исказить физическую сущность процессов, протекающих в обычных эксплуатационных условиях. Отступление от этого требования может привести к возникновению таких явлений и отказов, которые не свойственны нормальным условиям работы локомотивов.

Для испытаний на надежность деталей и узлов локомотивов используют гидропульсационные и резонансные электромагнитные стенды. Поскольку гидропульсационные стенды имеют обычно максимальную частоту приложения нагрузки 500 Гц, то на испытания затрачивают много времени.

Резонансные вибростенды (рис. XX-13), используемые для ускоренных испытаний узлов механической части локомотивов и электрооборудования (в том числе и тяговых двигателей локомотивов), позволяют существенно сократить длительность испытаний.

Испытательный комплекс, предназначенный для испытания тяговых двигателей, состоит из электромагнитного резонансного

стенда, стенда взаимной нагрузки, климатической камеры, замкнутой системы вентиляции и пылевой установки.

Помимо испытаний на полную электрическую нагрузку и неустановившиеся режимы, на стенде испытывают тяговые двигатели и вспомогательные машины на холодоустойчивость (в диапазоне от -10 до -50°C), циклоустойчивость тепловых режимов (от $+15$ до -150°C), воздействие инея, росы и тумана. Электрическое оборудование испытывают при различной запыленности охлаждающего воздуха (от 2 до 150 мг/м³).

При испытаниях массивных конструкций (рам тележек, тяговых приводов и т. п.) инерционный вибростол вместе с закрепленной на нем испытываемой конструкцией размещается в холодильной камере.

Стенд работает по принципу вынужденных колебаний инерционного вибростола резонансной частоты. Для поддержания этих колебаний требуется относительно небольшая энергия, которую сообщают электромагнитные вибраторы, получающие питание от преобразователя регу-

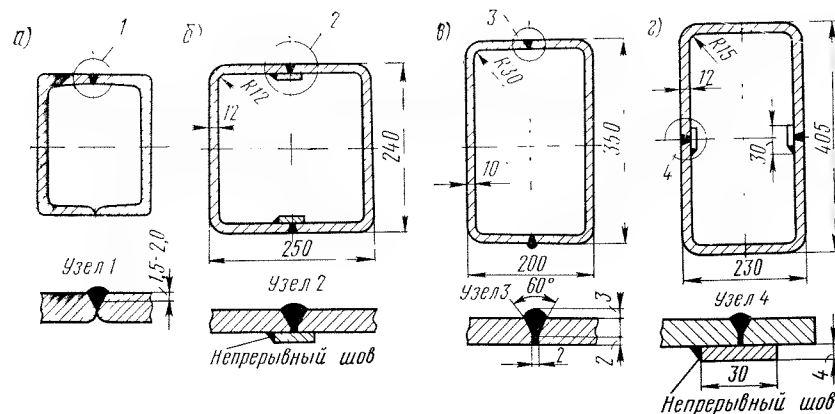


Рис. XX-14. Сечения боковин рам тележек локомотивов, сваренных из штампованных или прокатных профилей: а, в — без подкладок; б, г — с подкладками

лируемой частоты. Максимальная амплитуда ускорений инерционного стола 15g.

Испытания показали, что усталостная прочность рам тележек локомотивов во многом зависит от технологии изготовления и качества сварных швов.

Сечения продольных балок, образуемые из двух штампованных или прокатных профилей (рис. XX-14), следует сваривать швами по горизонтальной оси симметрии сечения. Эти швы будут находиться в зоне минимальных нормальных напряжений, вследствие чего возможные дефекты сварки будут сказываться наименьшим образом. К тому же при таком расположении продольные швы не будут пересекаться со швами, которыми привариваются к боковинам узлы крепления тормозных деталей, кронштейны и т. п.

Не рекомендуется использовать сварное соединение профилей боковин без разделки кромок (рис. XX-14, а), так как выступающая над полками часть шва должна быть удалена, а оставшаяся (с возможным непроваром) не обеспечивает безотказную работу даже при постановке усиливающих накладок.

Предварительная разделка кромок свариваемых профилей (рис. 14, в) повышает усталостную прочность рамы.

Для обеспечения необходимого качества сварки профилей боковин их кромки разделяют под шов, перед наложением которого предварительно приваривают подкладки (рис. 14, б, г). Шов, крепящий эти подкладки, должен быть непрерывным, так как прерывистый шов является концентратором напряжений, снижающим усталостную прочность. Прерывистые швы допускают тогда, когда их выполняют по месту будущих основных швов.

В этом случае прерывистый шов, крепящий прокладку, перекрывается основным продольным швом и не снижает усталостную прочность соединения.

Продольные балки, свариваемые из четырех отдельных листов, имеют большое количество швов, что увеличивает вероятность появления дефектов сварки, приводящих к снижению надежности конструкции. В таких балках листы, образующие сечение, сваривают двусторонним швом с разделкой кромок вертикальных листов.

Наличие поперечных швов (рис. XX-15) значительно снижает усталостную прочность и их следует избегать. В местах резкого изменения размеров сечения и его жесткости за счет, например, отверстий для постановки втулок возникает концентрация напряжений и как следствие снижение усталостной прочности.

Существенно снижают усталостную прочность рам тележек остаточные напряжения от сварки, которые можно снять термической обработкой рам после приварки всех деталей.

Добиться значительного (до 50%) повышения усталостной прочности конструкции можно в результате наклепа швов.

Следует обращать внимание на качество выполнения швов: непровары, подрезы металла, пережоги, неравномерную тол-

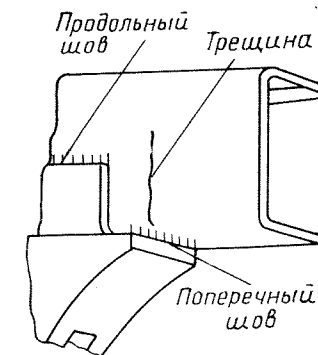


Рис. XX-15. Схема расположения швов при приварке кронштейна к боковине рамы

щину шва, заусенцы и царапины, которые снижают усталостную прочность конструкции.

Комплексные испытания на вибростенде тяговых двигателей НБ-418К6 и ТЛ-2К1 показали, что их безотказность лежит в пределах $(32 \div 35) \cdot 10^6$ циклов вибраций с вертикальным ускорением 12—15 g. Это эквивалентно пробегу до первого заводского ремонта.

Установлено, что одной из основных причин отказов тяговых двигателей в эксплуатации является нарушение прочности межкатушечных соединений из-за снижения предварительной затяжки их болтовых соединений.

Увеличение амплитуды ускорений тягового двигателя от 0 до 15g оказывает существенное влияние не только на механическую прочность его узлов, но и на происходящие в нем электромагнитные процессы, так как вызывает увеличение (до 40%) неравномерности распределения тока между одноименными щеткодержателями. В результате плотность тока, протекающего через щетку, на 20—40% превышает допустимое значение для длительного режима.

Кроме того, указанное увеличение амплитуды вертикальных ускорений приводит к возрастанию на два класса интенсивности искрения под щетками, увеличению износа щеток и коллекторов примерно в 1,5 раза.

Полученные при испытаниях материалы служат основой для корректировки требований по надежности локомотивов и их узлов.

XX-3. ТРЕБОВАНИЯ К ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ

Основные требования, предъявляемые к системе сбора и обработки информации о надежности серийно выпускаемых изделий, сформулированы в ГОСТ 16468—70. В приложении к локомотивному хозяйству эти требования, определяющие структуру системы сбора и учета информации в условиях эксплуатации локомотивов, заключаются в следующем.

1. Данные о надежности должны быть объективными, позволяющими оценивать их точность.

2. Данные должны быть сопоставимыми для однотипных локомотивов, эксплуатируемых на различных участках обращения и приписанных к разным депо.

3. Должна быть предусмотрена возможность централизованной обработки получаемой информации с помощью средств вычислительной техники.

4. Формы сбора и результаты обработки информации должны обеспечивать эффективность обратной связи депо, служб и управлений МПС с локомотивостроительными заводами.

Результаты обработки информации о надежности должны обеспечивать возможность разработки и проведения:

проектными организациями — конструктивных усовершенствований узлов и деталей, а также изменений электрических схем локомотивов;

локомотивостроительными заводами — совершенствования технологии изготовления, сборки, контроля и испытаний, направленные на обеспечение требуемого уровня надежности и его повышения у вновь выпускаемых локомотивов;

депо и ремонтным заводам — организационно-технических мероприятий, направленных на повышение качества ремонтов и осмотров, снижение затрат на их выполнение и повышение эффективности использования локомотивов.

Порядок сбора и учета информации об отказах локомотивов. Сбор и учет информации осуществляется лабораториями и группами надежности в локомотивных депо в следующих целях:

определение показателей надежности деталей и узлов локомотивов, а также — элементов их оборудования;

изучение причин и закономерностей возникновения отказов и разработка методов их предупреждения;

исследование процесса износа деталей и узлов с целью разработки мер по повышению их работоспособности;

оптимизация расхода запасных узлов; установление рациональных сроков ремонтов локомотивов;

определение экономического эффекта от повышения надежности.

В депо, где проводится сбор информации о надежности локомотивов, из приписного парка выделяют контрольные локомотивы, за эксплуатацией и ремонтом которых осуществляется тщательное наблюдение с регистрацией данных об отказах деталей, узлов и агрегатов, о всех выполненных ремонтах и осмотрах, о работе локомотива в течение данного периода и о расходе электроэнергии и топлива.

Вся информация фиксируется в специальных формах учета: карточках отказов, журналах плановых осмотров и ремонтов, альбомах износов оборудования. На каждый отказ оборудования локомотива заполняется отдельная карточка. На каждый контрольный локомотив ведется журнал учета плановых осмотров и ремонтов.

В журнале фиксируется время ожидания ремонта, длительность ремонта и простой до начала работы; затраты на каждый вид ремонта и осмотра; пробеги и т. п.

Количество контрольных локомотивов устанавливается на основании требований о доверительных интервалах, данных о надежности с учетом численности приписного парка депо. Как минимум, выделяют 10 контрольных локомотивов данной серии. В качестве контрольных локомотивов выделяют только поступившие в эксплуатацию после постройки или после заводского (ЗР), подъемочного (ПР), а также большого периодического (БПР) ремонтов.

Сбор данных, относящихся к контрольному локомотиву, начинают с регистрации его технического состояния при поступлении в эксплуатацию, т. е. с регистрации замеров, выполненных при ЗР, ПР, БПР или на заводе-изготовителе.

Сбор информации о надежности агрегатов контрольных локомотивов производится в течение их работы до первого (после начала учета) ПР или ЗР.

При замене агрегата на контрольном локомотиве до выполнения этими локомотивами пробега, соответствующего ЗР или ПР, сбор данных, относящихся к этому агрегату, прекращается и начинается сбор данных о надежности агрегата, установленного вместо вышедшего из строя.

С целью возможности механизированной обработки всей информации об отказах локомотивов предусмотрено ее кодирование при нанесении на карточку отказа. Карта отказа представляет собой стандартную карту с краевой перфорацией формата К-5 ГОСТ 11297—65, предназначенную для автоматической обработки на селекторе поиска перфокарт с краевой перфорацией (рис. XX-16).

Для регистрации данных в карточке отказа используют как поле перфорации, так и поле карточки. Заполнение поля карточки выполняют от руки. Все сведения, кодируемые на поле перфорации для последующей механизированной обработки, наносят на лицевую сторону поля карточки. На обратную сторону поля карточки заносят данные, при обработке которых механизация не используется (данные о простоях, задержках, трудоемкости восстановления, денежных затратах, пробегах до отказа, число ремонтов агрегата от начала эксплуатации или БПР).

Для кодирования информации об отказах (табл. XX-6) условно считают, что оборудование локомотива состоит из пяти систем: электрические машины; электрические аппараты; вспомогательное оборудование и гидропередача; экипажное и механическое оборудование; дизель. Каждую из этих пяти систем в свою очередь условно разбивают на агрегаты (максимальное их число равно 30). Каждый агрегат условно подразделяют на узлы (максимальное их число равно 12) и каждый узел — на детали (максимальное их число 12). Кроме этого, предусмотрено еще кодирование типа или модификации каждого агрегата и узла.

Депо		Локомотив		Агрегат		Узел		Деталь		Дата обнаружения отказа		Вид отказа		Последствия		Пробег локомотива в тыс. км. от		Число ремонтов данного вида от		Дата следующего ремонта	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование	Код
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44

Рис. XX-16. Карта регистрации отказов перфорацией (лицевая сторона)

Поскольку объем информации при обработке данных по надежности локомотивов в объеме дороги, а тем более сети железных дорог исчисляется миллионами двоичных единиц, то своевременная и эффективная обработка его может быть произведена только с применением цифровых вычислительных машин.

Приняты следующие пять классификационных признаков, которые кодируются в карточке отказов.

1. Место появления отказа: в пути следования; обнаружение при осмотре или ремонтах (в том числе, при осмотре и приемке локомотива локомотивными бригадами).

2. Влияние данного отказа на выполнение графика движения поездов: с нарушением графика; без нарушения графика.

3. Продолжительность простоя состава в пути следования или на станции: свыше допустимого времени (10 мин); менее допустимого времени.

4. Потребности в резервном локомотиве: с требованием резерва; без требования резерва.

5. Место устранения отказа: восстановление в депо или на ПТО; восстановление во время рейса.

Причины возникновения отказов классифицируют по трем признакам (рис. XX-17): нарушение нормативных требований, технологии при изготовлении или заводском ремонте; нарушение правил депоовского ремонта; нарушение в работе локомотивной бригады. Характеристика отказов предусматривает возможные в эксплуатации сочетания указанных причин.

Классификация характеристик восстановления. Установлены следующие четыре классификационных признака восстановления работоспособного состояния локо-

мотивов, учитываемых в информации об отказах:

1) исполнитель ремонтных работ: отказ устранен силами локомотивной бригады; отказ устранен силами ремонтного персонала;

2) характер восстановления: плановый; внеплановый;

Понимание классификационного признака отказа

1 2 3 4 5

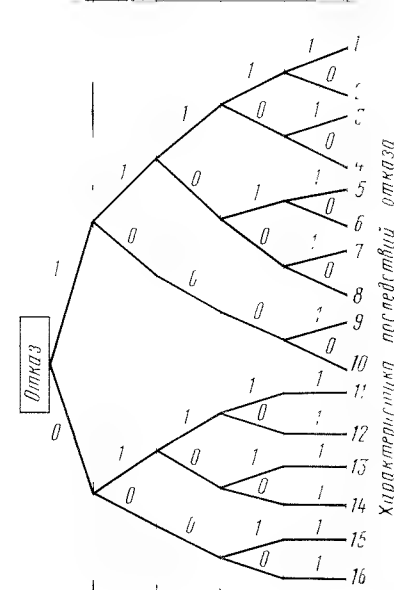


Рис. XX-17. Принципы построения двойного кода признаков и характеристик последствий отказов

Таблица XX-6

Система кодирования отказов

№ п/п	Характеристики последствий отказа	Двоичный код
1	Отказ в пути следования, вызвавший нарушение графика движения, простой свыше 10 мин с требованием резерва, восстановление в депо	11111
2	То же, но восстановление во время рейса	11110
3	Отказ в пути следования, вызвавший нарушение графика движения, простой свыше 10 мин без требования резерва, восстановление в депо	11101
4	То же, но восстановление во время рейса	11100
5	Отказ в пути следования, вызвавший нарушение графика движения, простой менее 10 мин с требованием резерва, восстановление в депо	11011
6	То же, но восстановление во время рейса	11010
7	Отказ в пути следования, вызвавший нарушение графика движения, простой менее 10 мин без требования резерва, восстановление в депо	11001
8	То же, но восстановление во время рейса	11000
9	Отказ в пути следования, не вызвавший нарушения графика движения, простой свыше 10 мин с требованием разрыва, восстановление в депо	10001
10	То же, но восстановление во время рейса	10000
11	Отказ, обнаруженный при осмотре или ремонте, вызвавший нарушение графика движения, простой свыше 10 мин с требованием резерва, восстановление в депо	01111
12	То же, но без требования резерва	01101
13	Отказ, обнаруженный при осмотре или ремонте, вызвавший нарушение графика движения, простой менее 10 мин с требованием резерва, восстановление в депо	01011
14	То же, но без требования резерва	01001
15	Отказ, обнаруженный при осмотре или ремонте, вызвавший нарушение графика движения, простой менее 10 мин с требованием резерва, восстановление в депо	00011
16	То же, но без требования резерва	00001

3) объем ремонта: с превышением установленного объема; без превышения установленного объема;

4) продолжительность простоя в ремонте: с превышением установленной нормы простоя; без превышения установленной нормы простоя.

Эти четыре классификационных признака имеют шесть кодов (табл. XX-7).

На рис. XX-18 представлены принципы построения двоичного кода принятой классификации характеристик восстановления.

На основании анализа информации, полученной в результате статистической обработки данных, собранных лабораториями надежности в депо, определяют уровень надежности локомотивов данной серии, его наиболее повреждаемые узлы и разра-

Таблица XX-7

Система кодирования характеристик восстановления

№ п/п	Характеристики восстановления	Двоичный код
1	Отказ устранен силами локомотивной бригады внепланово	1100
2	Отказ устранен силами ремонтного персонала на внеплановом ремонте	0100
3	Отказ устранен силами локомотивной бригады на плановом ремонте с превышением установленного объема и нормы простоя	0011
4	То же, без превышения нормы простоя	0010
5	Отказ устранен силами ремонтного персонала на плановом ремонте без превышения установленного объема, но с превышением нормы простоя	0001
6	То же, без превышения нормы простоя	0000

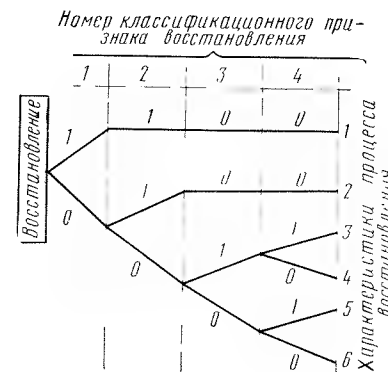


Рис. XX-18. Принципы построения двоичного кода признаков и характеристик восстановления

батывают экономически обоснованные предложения, направленные на повышение их надежности. Эти же данные позволяют решить на научной основе и многие другие задачи, являющиеся составными частями автоматической системы управления (АСУ) железной дороги: прогнозирование межремонтных пробегов локомотивов данной серии применительно к конкретным условиям их эксплуатации, разработку прогрессивных норм и правил ремонтов, распределение ремонтных и депоовских баз по сети дорог и т. п.

XX-4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБУЕМОГО УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ

Требуемый уровень надежности узлов локомотивов должен соответствовать степени ответственности выполнения функций каждым узлом. Если данный узел связан с обеспечением безопасности движения, его надежность при работе локомотива на линии практически близка к единице. Надежность узлов, работа которых не затрагивает безопасности движения, должна устанавливаться из экономических условий. Проектирование и создание локомотивов обходится тем дороже, чем более высокую надежность хотят достичь. Чем ближе вероятность безотказной работы к единице, тем дороже стоит локомотив. Однако более надежный локомотив дешевле в эксплуатации, так как меньшие затраты идут на поддержание его работоспособного состояния и уменьшаются потери, вызванные его отказом.

Существует оптимальный уровень надежности, при котором приведенные затраты на локомотив, включая затраты на его разработку и испытания, оказываются минимальными:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = E_n \Sigma K + \Sigma \mathcal{E} = \min,$$

где $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ — приведенные затраты;
 E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

ΣK — суммарные капитальные вложения;

$\Sigma \mathcal{E}$ — суммарные годовые эксплуатационные расходы.

Эффективность E_n мероприятия, направленного на повышение надежности, оценивается отношением прибыли $\Delta \Pi$, получаемой в результате введения этого мероприятия, к приращению ΔK капитальных вложений, необходимых для его осуществления:

$$E_n = \frac{\Delta \Pi}{\Delta K}; \quad \Delta \Pi = q_2 T_2 - q_1 T_1,$$

где q_1 и q_2 — среднее значение часовой производительности локомотива (в денежном выражении) до и после осуществления данного мероприятия по повышению его надежности, руб/ч;

T_1 и T_2 — среднее число часов работы локомотива в году до и после осуществления данного мероприятия по повышению его надежности.

В целях уточнения оценки эффективности мероприятия могут быть найдены с помощью математической статистики доверительные границы коэффициента E_n . Условие эффективности данного мероприятия: $E_n \geq E_{\text{н}}$.

Целесообразный уровень надежности локомотива применительно к конкретным условиям эксплуатации устанавливают на основании минимизации приведенных затрат. При этом учитывается следующее:

пропускная способность участка, средний интервал между поездами, время перерыва движения поездов из-за отказа локомотива, коэффициент заполнения пропускной способности участка, коэффициент участковой скорости и годовые потери поездочных часов на участке в результате перерыва движения из-за отказов локомотива; размеры работы участка — объем годовых перевозок и годовой пробег локомотива;

использование подвижного состава — вес поезда брутто, ходовая и участковая скорости движения, оборот локомотива, среднесуточный пробег, среднесуточная производительность локомотива, размер локомотивного и вагонного парка;

надежность локомотивов — наработка на отказ, функция восстановления работоспособного состояния, коэффициент использования и коэффициент простоя локомотива из-за восстановления его работоспособного состояния;

экономические факторы — цена локомотива, годовые эксплуатационные расходы общие и по элементам затрат, стоимость перевозок, стоимость потерь на единицу пробега вследствие отказов локомотивов на участке, капитальные затраты общие и по элементам затрат.

Суммарные капитальные затраты

$$\Sigma K = K_{\text{д}} + K_{\text{в}} + K_{\text{гр}},$$

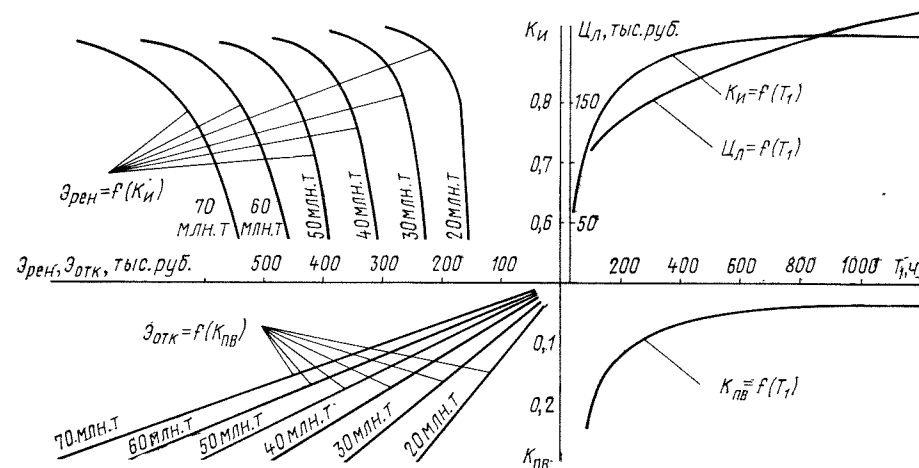


Рис. XX-19. Зависимости показателей надежности электровозов ВЛ60^к от наработки на отказ

где $K_{л} = \frac{1}{K_{и}} C_{л} M_{э}$ — капитальные вложения в локомотивный парк с учетом коэффициента использования локомотивов $K_{и}$ ($C_{л}$ — цена локомотива; $M_{э}$ — численность эксплуатируемого парка локомотивов);

$K_{в} = \frac{C_{в} n_{в}}{C_{л}}$ — капитальные вложения в вагонный парк ($C_{в}$ — оптовая цена вагона, $n_{в}$ — количество вагонов с учетом находящихся в ремонте);

$K_{гр}$ — стоимость грузовой массы на колесах.

Суммарные годовые эксплуатационные расходы

$$\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_{рл} + \mathcal{E}_{рен} + \mathcal{E}_{отк} + \mathcal{E}_{пр} + \mathcal{E}_{в},$$

где $\mathcal{E}_{рл} = \mathcal{E}_{рл} \Sigma MS_{год} 10^{-3}$ — годовые затраты на ремонт локомотива ($\mathcal{E}_{рл}$ — затраты на ремонт в руб., отнесенные к 10^3 локомотиво-км пробега);

$\Sigma MS_{год}$ — годовой пробег локомотивов эксплуатируемого парка на участке обращения);

$\mathcal{E}_{рен} = a_{р} K_{л}$ — амортизационные отчисления на реновацию локомотивного парка ($a_{р}$ — норма амортизационных отчислений);

$\mathcal{E}_{отк} = \mathcal{E}_{отк} T_{кпв} M_{э}$ — годовые эксплуатационные затраты на восстановление работоспособного состояния локомотивов в депо за исключением амортизационных отчислений на реновацию за время простоя в ремонте и потерь из-за простоев поездов на участке ($\mathcal{E}_{отк}$ — годовые затраты на восстановление работоспособного состояния одного локомотива; T — среднее время работы локомотива в году; $K_{пв}$ — коэффициент простоя при восстановлении);

$\mathcal{E}_{пр} = \mathcal{E}_{пр} \Sigma T_{пр}$ — годовые потери из-за простоя поездов на участке обращения вследствие отказов локомотивов ($\mathcal{E}_{пр}$ — стоимость потерь в течение 1 ч простоя поездов, $\Sigma T_{пр}$ — суммарное время простоя поездов);

$\mathcal{E}_{в} = \mathcal{E}_{в} n_{в}$ — эксплуатационные годовые расходы на содержание и ремонт вагонного парка ($\mathcal{E}_{в}$ — годовые затраты на содержание и ремонт одного вагона).

Наиболее целесообразная последовательность расчета, связывающего показатели надежности локомотива с технико-эксплуатационными и экономическими результатами работы участка железной дороги, заключается в следующем. Сначала определяют вес поезда, ходовую скорость движения, размеры движения (в парах поездов) в зависимости от величины грузопотока. Затем рассчитывают показатели функции восстановления работоспособного состояния локомотивов, общее время перерыва движения поездов в течение суток из-за отказов локомотива и коэффициент заполнения пропускной способности участка в зависимости от наработки на отказ, восстанавливаемый на перегоне, а также годовые потери поезд-часов из-за отказов локомотивов. Далее определяют коэффициенты готовности, использования и простоя локомотива и показатели использования подвижного состава и в заключение — экономические показатели работы участка.

На рис. XX-19 представлены результаты технико-экономических расчетов, выполненных на ЦВМ по приведенной выше методике применительно к следующим конкретным условиям: длина участка обращения 1000 км; участок двухпутный, оборудован автоблокировкой, продольный профиль участка пути типа II с расчетным подъемом 9‰. Вагонный парк состоит из 15% шестиосных и 85% четырехосных вагонов. Локомотивы — электровозы переменного тока ВЛ60^к.

Исследование проведено при различной нагрузке участка обращения: исходный грузопоток в грузовом направлении составляет 20 млн. т нетто, его приращение до 70 млн. т принималось через каждые 10 млн. т нетто. Нарботка электровоза на отказ, восстанавливаемый в депо, варьировалась от 100 до 1000 ч с приращением в 100 ч. Нарботка на отказ, приводящий к перерыву движения, варьировалась от 500 до 4000 ч.

На рис. XX-19 слева сверху представлена для указанных условий зависимость реновационных отчислений от коэффициента использования электровоза $\mathcal{E}_{рен}$ ($K_{и}$) при различных грузопотоках на участке; слева внизу — зависимость годовых эксплуатационных расходов ($\mathcal{E}_{отк}$) на восстановление работоспособного состояния электровозов (за исключением амортизационных отчислений на реновацию за время восстановления и потерь простоя поездов) от коэффициента простоя электровозов ($K_{пв}$) при различных значениях грузопотока на участке; справа сверху — зависимость цены электровоза $C_{л}$ и его коэффициента использования от наработки T_1 между внеплановыми ремонтами; справа внизу — зависимость коэффициента простоя электровоза от наработки T_1 .

На рис. XX-20 показаны зависимости приведенных затрат от среднего времени (наработки) T_1 между внеплановыми ремонтами. Штриховыми линиями соединены значения наработок на отказ, соответствующие минимуму приведенных затрат. Если при грузопотоке 20 млн. т нетто минимум приведенных расходов достигается при наработке на отказ $T_1 \approx 200$ ч, то при грузопотоке 70 млн. т минимум приведенных расходов получается при наработке на отказ $T_1 = 560 \div 570$ ч.

Увеличение наработки на отказ с 200 до 600 ч означает снижение себестоимости перевозок при грузопотоке 20 млн. т нетто на 9,5—10%, при грузопотоке 70 млн. т нетто — почти на 16%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. М. «Наука», 1965, 524 с.
2. Вентцель Е. С. Исследование операций. М., «Советское радио», 1972, 550 с.
3. Шишонов Н. А., Репкин В. Ф., Барвинский Л. Л. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. М., «Советское радио», 1964, 550 с.
4. Дружинин Г. В. Надежность систем автоматики. М., «Энергия», 1967, 526 с.
5. Сотсков Б. С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. М., «Высшая школа», 1970, 266 с.

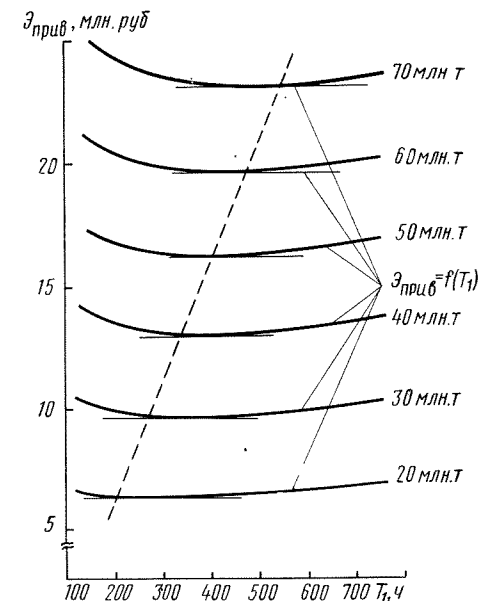


Рис. XX-20. Зависимость приведенных затрат от среднего времени работы электровоза ВЛ60^к между плановыми ремонтами (исходные данные см. на рис. XX-19)

6. Маламедов И. М. Физические основы надежности. М., «Энергия», 1970, 151 с.

7. Кофман А., Крюон Р. Масовое обслуживание. Теория и приложение. М., «Мир», 1965, 302 с.

8. Исаев И. П. Проблемы повышения надежности технических устройств железнодорожного транспорта. М., «Транспорт», 1968, 157 с.

9. Козлов Л. Г. Результаты ускоренных испытаний тяговых двигателей на резонансном вибростенде. Труды МИИТ, вып. 424, 1973, с. 107—115.

10. Исаев И. П., Седов В. И. Оценка надежности электровозов по характеристикам внезапных отказов. — «Электричество», 1973, № 3, с. 76—80.

11. Матвеевичев А. П., Пузанков Д., Козлов Л. Г. Климатические испытания тягового двигателя ЭД-107. Труды МИИТ, вып. 405, М., 1972, с. 71—81.

12. Баранов И. В. Натурные испытания на усталостную прочность крупных конструкций на резонансных вибрационных стендах. Труды МИИТа, вып. 214, 1965, с. 27—62.

13. Прочность. Устойчивость. Колебания (Справочник в трех томах). Под общей ред. Биргера И. А. и Пановко Я. Г. «Машиностроение», т. I, М., 1968, с. 164—182.

14. Труфяков В. И. Усталость сварных соединений. «Наукова думка», Киев, 1973, 214 с.

XXI. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВОВ

Темпы электрификации, внедрение тепловозной тяги и технико-экономические показатели работы локомотивов характеризуются данными табл. XXI-I—XXI-III. К. п. д. дизелей тепловозов за последние 10 лет возрос с 35 до 39%. На долю его приходится все еще свыше 60% всех потерь

Таблица XXI-I

Темпы электрификации железных дорог и внедрения тепловозной тяги на железных дорогах (на конец года)

Годы	Вся длина сети железных дорог, тыс. км	В том числе с тягой			
		электрической		тепловозной	
		тыс. км	% к общей длине	тыс. км	% к общей длине
1940	106,1	1,9	2	0,3	0,3
1945	112,9	2,0	2	1,5	1,0
1950	116,9	3,0	3	3,1	3,0
1955	120,7	5,4	4	6,5	5,0
1960	125,8	13,8	11	17,7	14,0
1965	131,4	24,9	19	55,2	42,0
1967	133,3	29,0	21,7	68,0	51,0
1969	134,0	32,6	24,3	72,9	54,3
1970	135,0	34,0	25,1	77,0	57,0
1971	135,8	35,1	25,7	80,0	59,0
1972	136,3	36,2	26,5	83,8	61,5
1973	136,8	37,1	27,1	86,1	62,9
1974	137,5	38,1	27,7	88,4	64,2
1975 (план)	138,2	38,8	28,0	89,7	65,0

при тепловозной тяге, а общий средний коэффициент использования дизельного топлива на тепловозе с учетом работы их на малых нагрузках и холостом ходу и потерь топлива при добыче, транспортировке и переработке составляет всего лишь около 20%. За 10 лет он возрос на 3,3%, в перспективе

Таблица XXI-II

Соотношение годовых эксплуатационных расходов при электрической тяге (электровоз ВЛ80^к) и тепловозной (тепловоз 6000 л. с.), %

Грузопоток в грузовом направлении в год, млн. т/км/км	Соотношение расходов при тарифе на электроэнергию, коп/кВт·ч				
	0,9	0,9	1,1	1,3	1,5
	и цене дизельного топлива, руб/т				
	46	55	64	70	76
На однопутных линиях					
5	94,7	91,0	91,6	92,1	92,6
10	84,9	80,0	81,2	82,4	83,4
15	78,8	73,3	75,0	76,6	78,0
20	74,8	69,2	71,2	73,1	74,9
25	78,2	71,6	73,9	76,0	78,0
На двухпутных линиях					
20	74,8	68,8	70,8	72,7	74,4
30	70,1	64,0	66,4	68,6	70,6
40	67,4	61,3	63,9	66,3	68,4
50	65,7	59,6	62,4	64,8	67,1
60	64,5	58,5	61,3	63,8	66,2
70	63,7	57,6	60,5	62,7	65,5

Таблица XXI-3

Трудоемкость депоовского ремонта

Вид подвижного состава	Трудоемкость на 1000 локомотиво-км в чел-ч за год					
	1965	1966	1967	1968	1970	1973
Электровозы	34,5	32,7	31,3	30,8	31,2	25,7
Тепловозы	63,3	60,1	58,2	58,1	59,3	52,8
Электропоезда	17,9	16,7	16,5	16,0	16,0	13,6
Паровозы	61,4	62,5	62,4	63,0	76,0	72,4

Таблица XXI-4

Фактические расходы на депоовский ремонт локомотивов в среднем по сети железных дорог

Вид подвижного состава и ремонта	Сумма расхода, руб.							
	на 1000 локомотиво-км за годы ¹				на 100 000 т/км брутто за годы			
	1965	1968	1970	1972	1965	1968	1970	1972
Электровозы								
Все виды ремонта . .	35,22	32,69	34,34	35,14	1,97	1,74	1,75	1,75
В том числе:								
подъемочный	6,35	6,13	7,24	6,23	0,33	0,33	0,37	0,31
периодический . . .	15,24	12,87	12,94	13,61	0,85	0,69	0,66	0,68
технический и профилактический осмотры	13,63	13,69	14,13	15,3	0,76	0,72	0,72	0,76
Тепловозы								
Все виды ремонта . .	74,84	73,34	80,27	87,45	4,25	4,39	4,86	5,44
В том числе:								
подъемочный	20,80	18,96	21,94	21,86	1,22	1,14	1,33	1,36
периодический . . .	21,63	19,46	21,6	24,32	1,27	1,16	1,31	1,51
технический и профилактический осмотры	32,41	34,92	36,68	41,27	1,91	2,09	2,22	2,57
Электросекции								
Все виды ремонта . .	18,97	20,43	21,18	21,35	14,93	16,53	17,1	17,4
В том числе:								
подъемочный	3,86	4,28	4,93	3,84	3,03	3,46	3,97	3,12
периодический . . .	6,65	6,94	6,88	7,17	5,22	5,62	5,56	5,84
технический и профилактический осмотры	8,46	9,21	9,37	10,34	6,6	7,45	5,57	8,43

¹ По электросекциям — на 10,000 секции-км.

Таблица XXI-5

Показатели скорости, удельной мощности и веса электровозов и тепловозов

Показатель	Величина показателя для					
	электровозов серии			тепловозов серии		
	ВЛ10	ВЛ8	ВЛ80 ^к	2ТЭ10В	Перспективные	
Скорость на расчетном подъеме, км/ч	48	44	50	23	24	35
Удельная мощность на расчетном подъеме, кВт/кг веса локомотива . .	34,5	29,5	40,7	23,75	18,95	21,3
Расход металла на единицу мощности, кг/кВт	29	33,5	24,5	72,7	52,8	47,0
Стоимость локомотива на единицу мощности, руб/кВт	31,4	28,7	26,7	82,0	74,3	71,0

Таблица XXI-6
Мощность грузовых локомотивов при различных весовых нормах поездов
в зависимости от скорости движения на расчетном подъеме, л. с.

Локомотив	Скорость на расчет- ном подъе- ме, км/ч	Касательная мощность при весе составов брутто, т					
		3000	4000	5000	6000	7000	8000
<i>i_p = 9⁰/00</i>							
Тепловоз	25	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000
»	27	3 253	4 337	5 420	6 506	7 590	8 663
Газотурбовоз	30	3 636	4 848	6 060	7 272	8 484	9 696
Газотурбовоз, электровоз	40	4 944	6 592	8 240	9 888	11 536	13 184
Электровоз	50	6 300	8 400	10 500	12 600	14 700	16 800
»	55	6 996	9 388	11 660	13 992	16 324	18 656
»	60	7 704	10 272	12 840	15 408	17 976	20 644
<i>i_p = 11⁰/00</i>							
Тепловоз	25	3 600	4 800	6 000	7 200	8 400	9 600
»	27	3 901	5 201	6 502	7 802	9 102	10 403
Газотурбовоз, тепловоз .	30	4 356	5 808	7 260	8 712	10 164	11 616
Газотурбовоз, электровоз	40	5 904	7 888	9 840	11 808	13 776	15 744
Электровоз	50	7 500	10 000	12 500	15 000	17 500	20 000
»	55	8 316	11 088	13 860	16 632	19 404	22 176
»	60	9 144	12 192	15 240	18 288	21 336	24 384

Таблица 7*
Соотношение пропускных способностей при электрической и тепловозной тяге
на однопутных линиях (за единицу приняг тепловоз ТЭЗ)

Серия локомотива	Соотношения пропускных способностей в % при типе профиля по классификации ЦНИИ				Серия локомотива	Соотношения пропускных способностей в % при типе профиля по классификации ЦНИИ			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
ТЭЗ (две секции)	100	100	100	100	ВЛ60к	130	137	144	148
2ТЭ10Л	114	114	114	114	ВЛ10	137	142	148	155
ВЛ23, ВЛ8	127	134	140	146					

* Архангельский Е. В. и другие. «Расчет пропускной способности железных дорог», М., «Транспорт». 1966, с. 326.

Таблица XXI-8
Соотношение приведенных затрат при электрической (электровоз ВЛ80к) и тепловозной (тепловоз 6000 л. с.) тяге

Грузонапряженность, в грузовом направлении в год, млн. ткм/км	Соотношение приведенных затрат в %, при тарифе на электроэнергию, коп./кВт·ч						
	0,9	0,9	0,9	0,9	1,1	1,3	1,5
	в цене дизельного топлива, руб./т						
	40	46	52	58	64	70	76
<i>На однопутных линиях</i>							
5	123,2	121,2	119,3	117,5	117,6	117,6	117,6
10	105,7	103,2	100,9	99,4	99,1	99,1	100,1
15	94,8	92,3	89,8	87,5	88,4	89,3	90,1
20	87,3	84,8	82,5	80,2	81,4	82,6	83,6
25	91,8	88,8	86,0	83,3	84,7	85,9	87,1
<i>На двухпутных линиях</i>							
20	95,4	92,5	89,7	87,1	88,0	88,9	89,8
30	86,2	83,4	80,7	78,2	79,5	80,7	81,8
40	81,1	78,3	75,7	73,2	74,7	76,1	77,4
50	77,8	75,1	72,5	70,1	71,7	73,3	74,7
60	75,6	72,8	70,3	68,0	69,7	71,3	72,8
70	73,9	71,2	68,7	66,4	68,2	69,8	71,4

Таблица XXI-9
Расходный баланс энергоресурсов на все виды перевозок

Виды энергоресурсов	Расход энергоресурсов за годы								
	1955			1969			1975 (по расчету)		
	Натуральные энергоресурсы, млн. т	Условное топливо, млн. т	Удельный вес % к итогу	Натуральные энергоресурсы, млн. т	Условное топливо, млн. т	Удельный вес % к итогу	Натуральные энергоресурсы, млн. т	Условное топливо, млн. т	Удельный вес % к итогу
Каменный уголь	73,7	53,2	94	7,8	5,65	16,55	1,0	0,73	2,15
Мазут и нефтепродукты	0,88	1,205	2,12	3,7	5,08	14,9	0,73	1,07	3,15
Дизельное топливо	0,34	0,486	0,86	7,8	11,15	32,75	12	17,15	50,5
Электроэнергия всех электростанций, питающих тяговую сеть (по фактическому расходу условного топлива на тепловых электростанциях)*, млрд. кВт·ч	3,06	1,72	3,02	30	12,2	35,8	40	15,1	44,2
Итого	—	56,611	100	—	34,08	100	—	34,0	100
Средний расход энергоресурсов на 10 ткм брутто по всем видам тяги (с учетом потерь энергии в ЛЭП)	—	330	—	—	73	—	—	50	—

* В практике расчетов топливно-энергетического баланса принято, что 1 кВт·ч электроэнергии, выработанный гидроэлектростанциями, приравнивается 130 г условного топлива.

Таблица XXI-10
Расход энергоресурсов по видам тяги на 10⁴ ткм брутто для всех видов перевозочной работы

Показатели	Величина показателя за годы			
	1950	1955	1970	1975 (по расчету)
Расход энергоресурсов на 10 ⁴ ткм при тяге: паровой (без учета к. п. д. котла и потерь на транспортировке топлива), кг условного топлива	225	194	—	—
тепловозной (без учета потерь на транспорт топлива), кг условного топлива	49	45,4	49,0	48,0
электрической, кВт·ч	198	161	127,8	122
Удельный вес тепловых электростанций в электроснабжении железных дорог	0,862	0,864	0,832	0,84
Удельный расход условного топлива на тепловых электростанциях на выработку 1 кВт·ч, кг	0,59	0,523	0,367	0,340
К. п. д. электропередачи до шин тяговых подстанций (транспортировка энергии), %	92	93	94,5	95,25
Удельный расход топлива на 10 ⁴ ткм брутто, отнесенный к тепловым электростанциям и ГЭС с учетом транспорта энергии, кг условного топлива	113,63*	80,94	44,0	42,06

* Доля электроэнергии, получаемая от гидроэлектростанций, пересчитана в условное топливо по принятому в ЦСУ СССР эквиваленту 1 кВт·ч—0,130 кг условного топлива при к. п. д., равном 94%.

Таблица XXI-11

Примерный расчет коэффициентов полезного действия системы электрической тяги от тепловых и гидроэлектростанций

Показатели	Величина показателя за год			
	1955	1960	1970	1975 (по расчету)
Средний удельный расход условного топлива на тепловых электростанциях на 1 кВт·ч отпущенной электроэнергии, кг	0,523	0,468	0,367	0,34
Средний к. п. д. тепловых электростанций, %	23,5	26,3	33,6	36,1
К. п. д., %:				
электропередачи (высоковольтных ЛЭП)	93,0	93,6	94,5	95,25
тяговых подстанций	90,6	91,5	94,0	95,0
контактной сети	90,0	91,0	93,2	94,0
электровоза (средневзвешенный постоянный и переменного тока)	80,0	78,6	80,0	81,0
суммарный электротяги, питаемой от тепловых электростанций	14,3	16,1	22,3	24,8
Коэффициент, учитывающий потери при добыче и транспортировке топлива для тепловых электростанций, %	91,0	92,0	94,0	95,0
Средний суммарный к. п. д. электрической тяги с учетом потерь топлива при добыче и транспортировке его на электростанции, % . .	13,0	14,8	21,0	23,6
Средний условный к. п. д. гидроэлектростанций, %	84,0	86,0	88,0	89,0
Средний к. п. д. электрической тяги от гидроэлектростанций, %	51,0	52,70	58,3	61,2
Удельный вес в общей выработке электроэнергии по стране, %:				
гидроэлектростанций	13,6	17,4	16,8	16,0
тепловых электростанций	86,4	82,6	83,2	84,0
Средневзвешенный к. п. д. электротяги от ТЭС и ГЭС, %:				
без учета потерь топлива	19,29	22,47	28,35	30,45
с учетом потерь топлива при добыче, транспортировке и хранении	18,17	21,39	27,3	30,0

может быть еще повышен на 4%, т. е. в общем до 24% при росте к. п. д. дизеля до 41—43%.

Преимущественным режимом работы тепловозов является нагрузка дизелей в размере 30—60% их номинальной мощности, одну треть времени оборота

составляет холостая работа дизеля. В среднем использование установленной мощности составляет всего 18—22%. При использовании мощности тепловоза на уровне 80—100% его средний к. п. д. составляет 28,8%, а при нагрузках 30% к. п. д. снижается до 20%.

АЛФАВИТНЫЙ-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Анодирование — 322

Б

Безотказность — 341

Блок дифференциальных реле БРД-204 — 85

Блок-контакты выключателей быстродействующих — 13

Блок контроля бдительности — 113, 114

Бюджет времени — 277

В

Вагон динамометрический — 291

Вазелин изоляционный — 340

Вероятность безотказной работы — 341

Вибраторы — 292, 293

Вибродемпфирующие покрытия — 287, 288

Виброизоляция — 288

Вибропоглощение — 287

Виды технического обслуживания — 301

Время безотказной работы — 343

— гашения дуги линейными контакторами — 47

— — — быстродействующими выключателями — 12

— — — домашнего отдыха — 282

— — — записи тиристора схемное — 145

— — — на приемку и сдачу локомотива — 280

— — — начала и окончания работы — 280

— — — отдыха в пункте постоянной работы — 282

— — — локомотивных бригад общее — 281

Время плавления плавких вставок — 23

— — — полезной работы локомотива — 277

— — — простоя на позициях потока — 316

— — — процесса отпирания полное — 142

— — — пуска электровоза — 131

— — — работы локомотивной бригады вспомогательное — 281

— — — рабочее бригады за месяц основное — 281

— — — локомотивных бригад — 280

— — — срабатывания собственное быстродействующих выключателей — 12, 14

— — — хода перегонное — 280

Вставки плавкие — 23

— угольные — 4

Выбор параметров колебательного контура — 142

— частоты регулирования — 143

Вязкость воздуха кинетическая — 134

Г

Генератор ламповый двухчастотный — 107 111

Глубина диагноза средств технической диагностики — 324

Графики сетевые ремонта — 308, 309, 310 — — материально-технического обеспечения — 308

Группировки тяговых двигателей — 125

Д

Датчик-реле БЖ-8 — 97

Дешифратор АЛСН — 106, 107

Диагностика техническая — 323

Диаграмма пусковая — 128

— — — запирающая тиристора — 142

Динамометр тяговый гидравлический дифференциальный — 291

— — — касетный — 291

Динамометры тяговые — 291

Диски нелинейного сопротивления — 26

З

Закон распределения времени — 351

Запас агрегатов технологический — 307, 308

Затраты капитальные — 363

Защита выпрямительных установок — 157, 158

— — — оборудования электровоза ЧС2 от перенапряжений — 215

— — — — — токов короткого замыкания — 215

— — — от боксования — 155, 215

— — — замыкания на землю — 155

— — — коротких замыканий на э. п. с. переменного тока — 155

— — — повышения или понижения напряжения на токоприемнике — 154

— — — при торможении реостатом — 156

— — — рекуперативном — 157

— — — силового оборудования электровоза ВЛ80к — 161

— — — силовой и вспомогательной высоковольтных цепей электровоза ВЛ82 — 211

Защиты дизеля — 238, 248

Звукоизоляция кабин управления — 285

— — — ограждения между помещениями — 285

Звукопоглощающие материалы — 287

Звукопоглощение — 286

Зона рабочая оптимальная панели пульта — 269

H

Изоляция «Монолит-2» — 339
 Индукторы локомотивные двухчастотные
 АЛСТ — 103, 104
 Индукция магнитного поля дутья выключа-
 чателя БВП-3А — 14
 — — — БВП-5 — 16
 — — — БВП-5Т — 19
 — — — 12НС — 17
 — — — контакторов БК — 53
 — — — КВЦ-2А и МК-101 — 51
 — — — ЛК-300Г и ЛК-300 ГМ — 49
 Интенсивность отказов — 342, 346
 — перехода — 351
 Источники питания — 113

K

- Каретки токоприемников — 4
- Катушка удерживающая выключателя бы-
стродействующего — 13
- Катушки включающие контакторов элек-
тромагнитных э. п. с. — 33
- — — тепловозов — 39
- Клапан электропневматический автосто-
па — 108, 111, 112
- Клеи синтетические — 339, 340
- Количество ступеней маневровых — 129
- дополнительных — 129
- Коммутирующая емкость — 142
- Комплекс параметров технических — 324
- Контакты контакторов защиты от пере-
грузок — 46
- Контакты силовые выключателей быстро-
действующих — 13
- контакторов электромагнитных тепло-
возов — 38
- — — э. п. с. — 33, 34
- — — электропневматических тепловозов —
45
- — — электровозов — 41
- Коэффициент виброизоляции — 288
- готовности — 342, 350
- двойной тяги — 276
- заполнения — 140, 143, 147
- звукопоглощения — 287
- использования — 342, 352
- силы тяги — 274
- мощности при инвертировании — 154
- незанятости — 352
- неравномерности нагрева ленты рези-
стора — 134, 135
- — пуска по силе тяги — 128, 129
- — — току — 127, 128, 129
- — — ускорению — 128
- одиночного следования — 276
- перевода условного топлива в натураль-
ное — 302
- подталкивания — 276
- потери маршрутной скорости — 275
- скорости на участке — 275
- порожнего пробега вагонов — 274
- потребности в локомотивах — 277
- производительности локомотива — 276
- простоя — 343
- регулирования возбуждения тягового
двигателя — 147
- генератора — 230
- рекуперации — 303
- ремонтпригодности — 343

372

Коэффициент температурный сопротивления
меди обмотки — 300
— теплоотдачи элемента реостата — 133
— эксплуатационной перегрузки — 128
Коэффициент энергетический номиналь-
ный электровоза — 303
Коэффициенты термические ленточных ре-
зисторов — 135
Кривая нормировочная — 284
Кривые нагревания элементов пусковых
реостатов — 133
Критерий Нуссельта — 134
— Рейнольдса — 134

Л

Латунирование — 321
 Линии поточные — 308, 312, 313, 314
 Лужение — 322

M

Материалы слонопластовые электроизо-
ляционные — 339
Меднение — 320
Метод ремонта агрегатный — 306
— ускоренных испытаний — 357
Модель системы управления движением —
327

H

Надежность — 341
Наплавка порошковыми проволоками — 317
Напряжение короткого замыкания трансформатора — 139
— пробивное искровых промежутков — 26
Наработка на отказ — 342
— гамма-процентная заданная — 342
Никелирование — 319
Норма времени локомотивных бригад месячная — 281
Нормы вибрации машин — 285
— межремонтных пробегов внепоездных тепловозов — 302
— поездов весовые — 280
— пробегов среднесетевые между текущим обслуживанием и ремонтами э. п. с. — 301, 302
— — — — — тепловозов и дизель-поездов — 303
— — — — — ремонтами — 301

O

- Оборот полный — 276
- участковый — 277
- Ограничение расчетное силы тяги касательной локомотива — 299
- — — — на автосцепке динамометрического вагона — 299
- по коммутационной устойчивости тяговых двигателей — 128
- Оксидирование — 321
- Осталивание — 318
- Отказ — 341
- внезапный — 346
- постепенный — 346
- Отметчики режимов работы локомотива — 292
- Отчисления амортизационные — 364

I

Параметр потока отказов — 342, 343
 Параметры удельные охлаждающего воздуха — 134
 Парк локомотивов — 271
 — эксплуатационный локомотивов — 277
 Пенополивинилформаль — 334
 Пенополивинилхлорид эластичный — 334
 Передача переменного-постоянного тока — 251, 252
 Переключатели направления — 112
 — с клиновыми контактами — 54
 Переход вентильный — 136, 137
 — коротким замыканием — 125, 126
 — по схеме моста — 125, 127
 — — — с реактором — 135, 136
 — шунтированием — 125, 126, 127
 Пластины древеснослоистые — 330, 334
 Пластины контактные токоприемников — 4
 Пластмассы слоистые — 330, 333
 Пленки полимерные — 339
 Показатель использования мощности тепловоза внепоездного — 302
 — — — грузового и пассажирского — 302
 Показатели надежности — 343
 Покрытия гальванические — 317
 Поливинилбутираль — 339
 Полистирол блочный ударопрочный — 337, 339
 Полиэтилен — 334, 336
 Поропласт полиуретановый эластичный — 334
 Постоянная времени тепловая элемента реостата — 133
 Потенциометр компенсационный переносной — 294
 Пресскрошка древесная — 330, 334
 Прессматериалы фрикционные — 330, 332
 — на основе кремнийорганических смол — 330, 332
 Приборы измерительные переносные — 292
 Приведение в движение тепловоза 2ТЭ10Л — 233
 — — — ТЭЗ — 239
 — — — ТЭМ2 — 248
 — — — 2ТЭ116 — 253
 Приемные катушки АЛСН — 102, 103, 114
 Пробег линейный — 273
 — — вспомогательный — 274
 — — поездной — 273
 — межремонтный — 342
 — одиночного следования — 274
 — среднесуточный — 275, 276
 — условный — 273
 Проволоки порошковые — 317
 Продолжительность еженедельного отдыха — 282
 Производительность локомотива — 276
 Прокат бандажей колесных пар — 272
 Простой в ремонте средний — 342
 Профили контактных элементов полоза токоприемника — 12
 Пуск дизеля тепловоза 2ТЭ10Л — 233
 — — ТЭЗ — 239
 — — ТЭМ2 — 248
 — — 2ТЭ116 — 251
 — реостатный ступенчатый — 127

P

Радиостанция ЖР-3 — 116
— ЖР-ЗМ — 117
— ЖР-5М — 119
Разгон тепловоза 2ТЭ10Л — 231
Размеры движения грузовых поездов — 277
Размещение проходов на электровозе — 255
Расход вентилирующего воздуха — 295, 297
Расходы годовые эксплуатационные — 364
Расчет ступеней пусковых реостатов — 128
— — трансформатора — 138, 139
— тепловой пусковых реостатов — 130
Регулирование автоматическое энергетической цепи тепловоза — 230
— импульсное возбуждения тяговых двигателей — 147
— напряжения плавное — 140
— — частотно-импульсное — 145
— — широтно-импульсное — 140, 141
— на стороне высшего напряжения — 138
— — — низшего напряжения — 137
— скорости ступенчатое — 135
Регулятор мощности объединенный — 231
Регуляторы напряжения — 97
Режимы вождения поездов в опытных поездках — 297
— расчетные пусковых реостатов электровозов — 132
— — — электропоездов — 133
— сварки — 317
Реле боксования — 87
— включения — 89
— — вентиллятора — 91
— возврата — 88
— времени — 85, 90
— — полупроводниковые — 94
— электромагнитные — 95
— давления воздуха — 94
— — масла — 94
— дифференциальное — 86, 87, 93
— заземления — 90
— защиты — 84
— импульсное КДР — 106
— напряжения — 90
— оборотов — 86
— обратного тока — 87, 92
— ограничения тока — 92, 93
— перегрузки — 90, 92
— перехода — 92, 93
— поступления кодов — 109
— проверки бдительности — 109
— промежуточные — 84, 88
— сигнальное — 90, 109
— соответствия — 109
— тепловые — 86, 92
— токовые вентилляторов — 91
— тормоза — 91
— торможения — 91
— ускорения — 87
Ремонтопригодность — 342
Ресурс гамма-процентный — 342
— назначенный — 342
Рукоятка бдительности — 108, 110

C

Сварка аргоно-дуговая — 317
Светофоры локомотивные — 107
Сигналы кодовые в рельсовых цепях — 100

Система — 347
 — блокировок ЭКГ-8Ж — 167
 — диагностики технической — 323
 — кодирования отказов — 362
 — характеристик восстановления — 362
 Системы регулирования несвязанного — 230, 231
 — — связанного — 230, 231
 Скоростемер СЛ-2 — 120
 — СЛ-2М — 120, 122
 Скорость движения поездов маршрутная — 275
 — — — техническая — 275
 — — — участковая — 275
 — — — ходовая — 274
 Скорости движения поездов допускаемые — 280
 Смолы полиамидные — 330, 336
 Соединения шарнирные токоприемников — 4, 11
 Сопротивление индуктивное цепи выпрямленного тока — 139
 — обмоток тяговых двигателей — 295
 — переходных резисторов — 129
 — сглаживающего реактора активное — 139
 Состояние неисправное — 341
 — неработоспособное — 341
 — работоспособное — 341
 Способность разрешающая средств технической диагностики — 324
 Средства диагностики технической — 323
 Стекло органическое листовое — 334
 Стеклопластики — 330, 335
 Стойла механизированные — 308, 314, 315
 Счетчики импульсов — 109

Т

Такт поточной линии — 316
 Термодатчик А — 97
 Термоконтракты ТК-52 — 97
 Термометры сопротивлений — 293
 Термопары — 292, 293
 Термореле комбинированное — 97
 Ток наибольший отключаемый быстродействующими выключателями — 12
 — уставки реле перегрузки — 154
 — уравнивательный — 125
 — эффективный маневрового режима — 132
 — пусковых реостатов — 131, 132
 Токоприемник П-3 — 5, 8, 9
 — 10РР — 6, 8, 9
 — 2SLS-1 — 6, 8, 9
 — ТЛ-14М — 7

Травление — 318
 Трансформаторы напряжения — 294
 — тока — 294
 Трудоемкость депоовского ремонта — 366

У

Угол запаса — 154
 Уровень надежности оптимальный — 363
 — шума — 284
 Уровни шума допустимые — 284
 Усилитель транзисторный УК-25/50 — 104, 114
 Условия инвертирования — 14
 — отпирания и запираания теристора — 141
 Устройства контроля скорости — 102
 — проверки бдительности — 98
 Устройство зарядное электровоза ЧС4 — 184, 185

Ф

Фенопласты — 330, 331
 Фильтр двухполосный ФЛ-25/75 — 105, 106, 114
 Фонд агрегатов оборотный — 306, 307
 Фосфатирование — 322

Х

Хромирование — 317, 318
 — пористое — 318

Ц

Цепи измерительные — 292
 — реле переходов тепловозов 2ТЭ10Л — 238
 — — — ТЭ3 — 246
 — — — ТЭМ2 — 249
 — управления холодильником на тепловозе 2ТЭ10Л — 239
 Цинкование — 320

Ч

Частота регулирования лимитирующая — 144

Ш

Шум воздушный — 283
 — структурный — 283

Э

Элемент — 347
 Элементы контактные полоза токоприемника — 4

СОДЕРЖАНИЕ

XI. Электрические аппараты	3	XII-3. Электрические схемы и монтаж устройств на локомотиве	114
XI-1. Классификация электрических аппаратов и требования, предъявляемые к ним	3	XII-4. Поездная и станционная радиосвязь	115
XI-2. Токоприемники электроподвижного состава	4	XII-5. Скоростемеры	120
XI-3. Быстродействующие выключатели	12	XII-6. Приводы скоростемеров СЛ-2 и СЛ-2М	122
XI-4. Воздушные выключатели	19	XII-7. Электромагнитный (нерегистрирующий) скоростемер	123
XI-5. Плавкие предохранители	21	XIII. Системы управления и электрические схемы локомотивов и электропоездов	125
XI-6. Разрядники	24	XIII-1. Регулирование скорости движения электроподвижного состава постоянным током контактно-реостатным способом	125
XI-7. Групповые переключатели и реверсоры	24	XIII-2. Регулирование скорости движения электроподвижного состава переменного тока с коллекторными двигателями пульсирующего тока	135
XI-8. Электромагнитные контакторы электроподвижного состава	32	XIII-3. Импульсное регулирование напряжения электроподвижного состава постоянного тока	140
XI-9. Электромагнитные контакторы тепловозов	38	XIII-4. Реостатное торможение	148
XI-10. Электропневматические контакторы электроподвижного состава	41	XIII-5. Рекуперативное торможение	150
XI-11. Электропневматические контакторы тепловозов	44	XIII-6. Нарушение режимов работы электрооборудования и его защита	154
XI-12. Контакторы защиты электроподвижного состава от перегрузок	45	XIII-7. Схемы электрических цепей электровозов ВЛ80 ^к и ВЛ80 ^т	158
XI-13. Разъединители и переключатели с клиновыми контактами	53	XIII-8. Схемы электрических цепей электровоза ВЛ60 ^к	171
XI-14. Резисторы	58	XIII-9. Схемы электрических цепей электровоза ЧС4	171
XI-15. Электрические печи, калориферы, стеклообогреватели и обогреватели маслоотделителей	64	XIII-10. Схемы электрических цепей электровозов ВЛ82 и ВЛ82 ^м	187
XI-16. Индуктивные шунты	65	XIII-11. Схемы электрических цепей электропоезда ЭР9П	195
XI-17. Конденсаторы	65	XIII-12. Схемы электрических цепей электровоза ВЛ10	206
XI-18. Контроллеры машиниста	65	XIII-13. Схемы электрических цепей электровоза ЧС2	215
XI-19. Амперметры, вольтметры	68	XIII-14. Схемы электрических цепей электропоезда ЭР2	222
XI-20. Счетчики электроэнергии и электрические часы	72	XIII-15. Регулирование скорости движения тепловозов с электрической передачей	230
XI-21. Арматура освещения и электрические лампы	73	XIII-16. Схемы электрических цепей тепловоза 2ТЭ10Л	231
XI-22. Межэлектропоездные, междугонные и междвагонные соединения	73	XIII-17. Схемы электрических цепей тепловоза ТЭ3	239
XI-23. Распределительные щиты и клеммные рейки	74	XIII-18. Схемы электрических цепей маневровых тепловозов ТЭМ2, ТЭМ1 и ТЭ1	248
XI-24. Выключатели управления, кнопочные выключатели, низковольтные розетки	74	XIII-19. Схема электрических цепей тепловоза 2ТЭ116 с передачей переменного постоянного тока	251
XI-25. Клапаны токоприемников, песочниц и звуковых сигналов	78	XIV. Расположение оборудования на электроподвижном составе и тепловозах	255
XI-26. Блокировки высоковольтных камер и лестниц, вентили защиты	79	XIV-1. Общие принципы расположения оборудования	255
XI-27. Аккумуляторные батареи	80	XIV-2. Расположение оборудования на электропоездах	255
XI-28. Указатели позиций	80		
XI-29. Заземляющие штанги и устройства для отвода тока в рельсы	80		
XI-30. Реле электропоездов	84		
XI-31. Реле электропоездов	87		
XI-32. Реле тепловозов	92		
XI-33. Регуляторы напряжения, датчики реле и термоконтакты	97		
XII. Автоматическая локомотивная сигнализация, радиосвязь и скоростемеры	98		
XII-1. Системы устройств автоматической локомотивной сигнализации и их эксплуатационно-технические характеристики	98		
XII-2. Аппаратура автоматической локомотивной сигнализации, устройств проверки бдительности и контроля скорости	102		

XIV-3. Расположение оборудования на электропоездах.	262	XVII-2. Оборудование для испытаний.	291
XIV-4. Расположение оборудования на тепловозах.	264	XVII-3. Стационарные испытания.	295
XIV-5. Расположение оборудования на дизель-поездах.	268	XVII-4. Проведение опытных поездок, принципы обработки полученных данных и составление режимных карт.	297
XIV-6. Расположение оборудования на постах управления.	269		
XV. Эксплуатация локомотивов и моторвагонного подвижного состава	271	XVIII. Ремонт и техническая диагностика электровозов, тепловозов и моторвагонного подвижного состава	301
XV-1. Парк локомотивов и моторвагонного подвижного состава.	271	XVIII-1. Нормы пробегов и времени нахождения в ремонте электровозов, тепловозов и моторвагонного подвижного состава.	301
XV-2. Запас локомотивов Министерства путей сообщения и резерв управления дороги.	271	XVIII-2. Определение размера оборотного фонда агрегатов.	306
XV-3. Порядок передачи локомотивов и моторвагонного подвижного состава.	272	XVIII-3. Принципы сетевого планирования и управления.	308
XV-4. Порядок пересылки локомотивов и моторвагонного подвижного состава.	273	XVIII-4. Организация труда при поточном ремонте.	316
XV-5. Исключение локомотивов и моторвагонного подвижного состава из инвентаря.	273	XVIII-5. Статистический контроль качества ремонта.	316
XV-6. Показатели работы локомотивов и моторвагонного подвижного состава.	273	XVIII-6. Методы восстановления и упрочнения деталей.	317
XV-7.оборот и суточный бюджет времени локомотива.	276	XVIII-7. Техническая диагностика оборудования.	323
XV-8. График движения поездов и определение потребности в локомотивах.	277	XIX. Полимерные и изоляционные материалы на электроподвижном составе, тепловозах и дизель-поездах	330
XV-9. Организация труда и отдыха локомотивных бригад.	280	XIX-1. Полимерные материалы.	330
XVI. Борьба с шумом и вибрациями на электроподвижном составе и тепловозах	283	XIX-2. Изоляционные материалы, полимерные пленки, клен, вазелин.	339
XVI-1. Источники шума и вибрации на локомотивах.	283	XX. Надежность локомотивов	341
XVI-2. Нормирование шума и вибрации.	284	XX-1. Основные понятия.	341
XVI-3. Основные методы и средства снижения шума и вибрации.	285	XX-2. Методы расчета надежности.	346
XVII. Испытания локомотивов	290	XX-3. Требования к информации о надежности локомотивов.	359
XVII-1. Виды испытаний локомотивов.	290	XX-4. Техничко-экономическое обоснование требуемого уровня надежности локомотивов.	363
		XXI. Техничко-экономические показатели работы локомотивов	366
		Алфавитно-предметный указатель.	371

Леонид Миронович Трахтман, Игорь Александрович Беляев, Виктор Данилович Радченко, Анатолий Васильевич Фарафонов, Анатолий Петрович Бородин, Юрий Григорьевич Симонов, Валерий Саввич Розенбаум, Елена Артуровна Эглон, Ася Витальевна Чигирин, Геннадий Иванович Шутяев, Николай Алексеевич Ротанов, Ксения Ивановна Рудая, Валентин Александрович Каптелкин, Борис Андреевич Тушканов, Матвей Абрамович Костюковский, Николай Васильевич Максимов, Владимир Аникиевич Полищук, Виктор Петрович Янов, Константин Александрович Миронов, Отари Александрович Кикнадзе, Евгений Васильевич Горчаков, Сергей Иванович Осипов, Юрий Николаевич Виноградов, Виктор Васильевич Привалов, Карлен Арменакович Акуни, Исаак Юдкович Белявский, Игорь Петрович Исаев, Василий Афанасевич Дмитриев

СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМУ СОСТАВУ, ТЕПЛОВОЗАМ И ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДАМ

Редактор И. К. Петушкова Обложка художника А. А. Мейсведева
Технический редактор Л. В. Воробьева Корректор В. А. Луценко

Сдано в набор 25/VI 1975 г.	Подписано к печати 12/V 1976 г.
Бумага 70×108 ¹ / ₁₆ , типографская № 2	Печатных листов 23,5 ± 1 вкл. (условных 34,07)
Учетно-изд. листов 41,55	Тираж 17 000
Зак. тип. 436	Цена 2 р. 41 к.
	Изд. № 1-2-1/5 № 3203

Изд-во «ТРАНСПОРТ», Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Москва, И-41, Б. Переяславская ул., дом 46

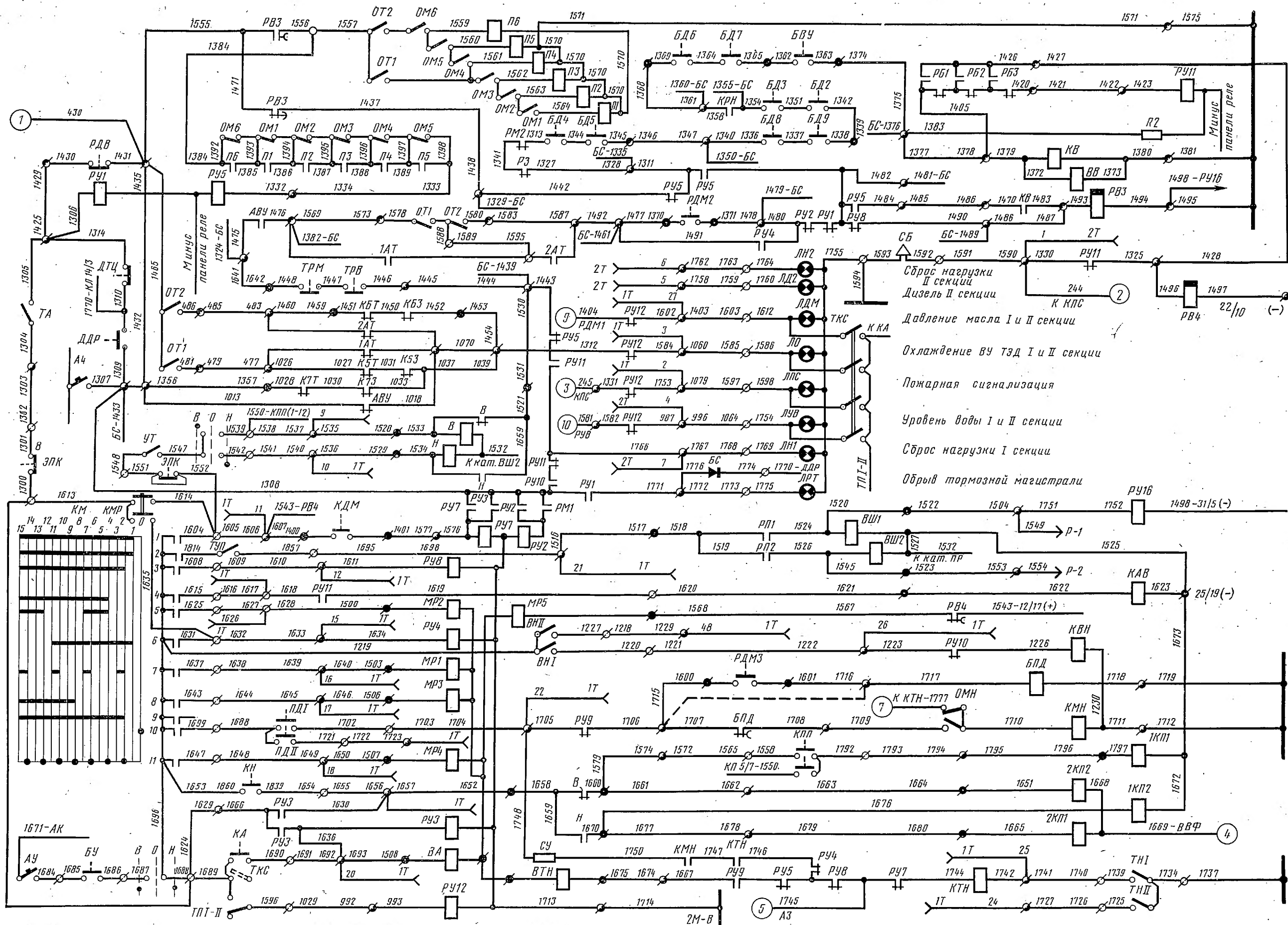


Рис. XIII-122. Схема цепей управления тепловоза 2ТЭ116

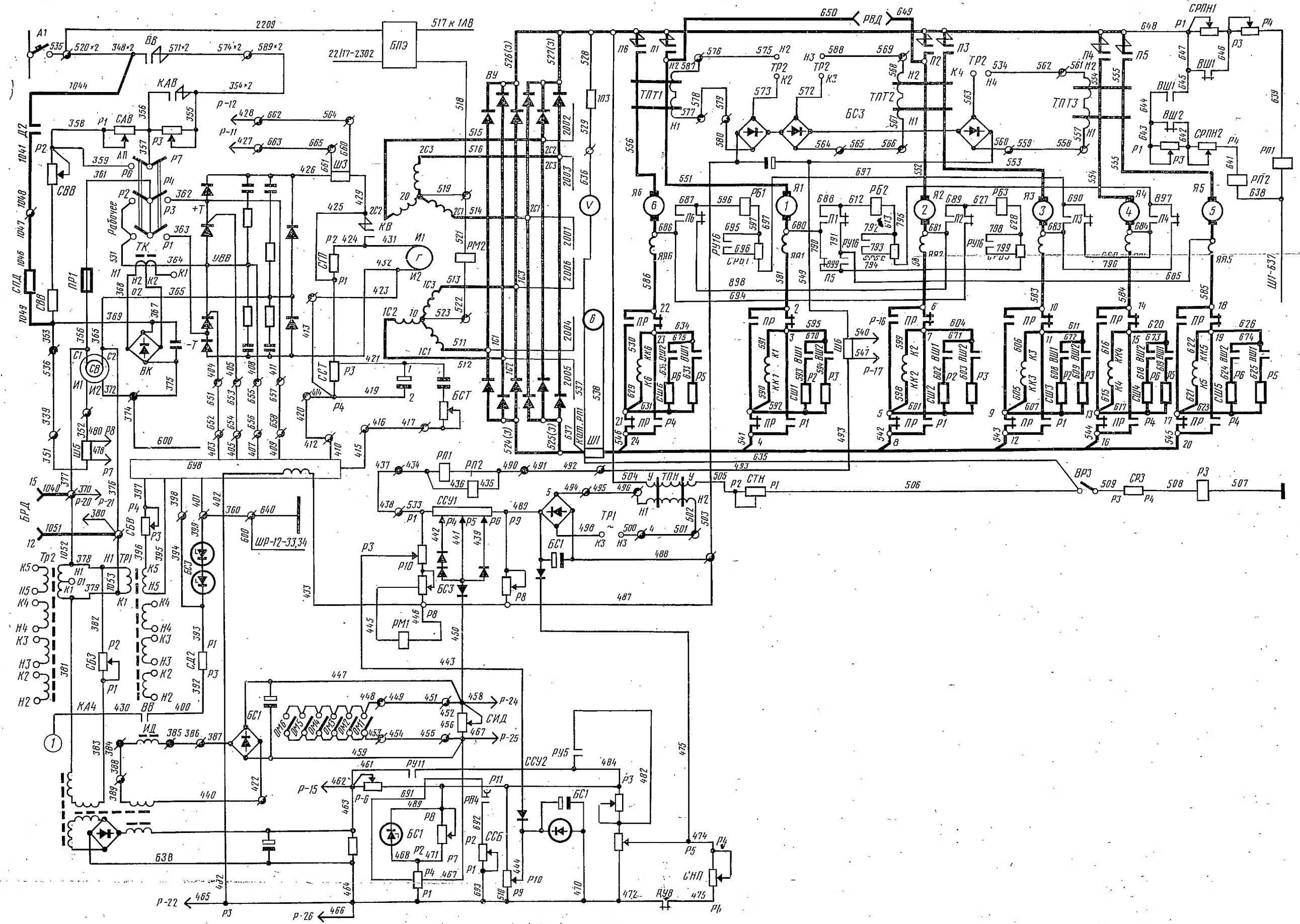


Таблица срабатывания электрических аппаратов

Режимы работы	Контакты										Электромагниты, вентили, реле									
	Позиция	КВ	ВВ	ВР	ВТ	ВТ1-116	ВТ1	ВТ2	ВТ3	ВТ4	ВТ5	ВТ6	ВТ7	ВТ8	ВТ9	ВТ10	ВТ11	ВТ12	ВТ13	ВТ14
Пуск дизеля	0																			
Холостой ход	0																			
Возбуждение генератора на холостом ходу	0																			
Тяговый режим	1																			
	2																			
	3																			
	4																			
	5																			
	6																			

Продолжение

Режимы работы	Контакты										Электромагниты, вентили, реле									
	Позиция	КВ	ВВ	ВР	ВТ	ВТ1-116	ВТ1	ВТ2	ВТ3	ВТ4	ВТ5	ВТ6	ВТ7	ВТ8	ВТ9	ВТ10	ВТ11	ВТ12	ВТ13	ВТ14
Тяговый режим	7																			
	8																			
	9																			
	10																			
	11																			
	12																			
Ослабление поля	13																			
	14																			
	15																			
	16																			

Рис. XIII-123. Схема силовых цепей и возбуждения генератора тепловоза 2ТЭ116

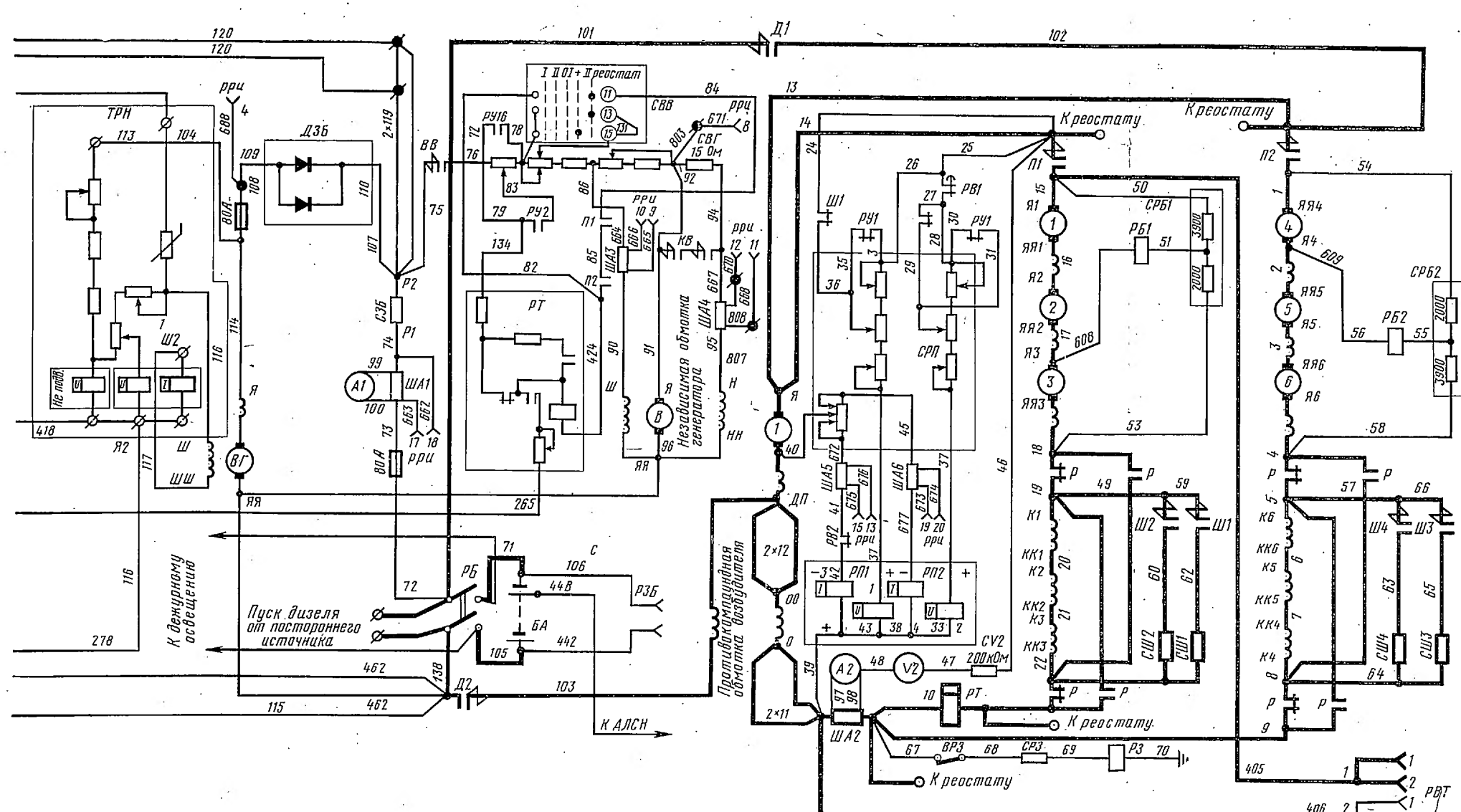


Рис. XIII-117. Схема силовых цепей тепловоза ТЭМ2

Таблица замыканий контакторов и реле

Режим работы	Позиция	Контакторы				Реле и вентили							
		Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8	Д9	Д10	Д11	Д12
Пуск дизеля	XX	•	•										
Холостой ход	XX												
Полное поле	1		•	•	•								
	2		•	•	•								
	3		•	•	•								
	4		•	•	•								

Продолжение

Режим работы	Позиция	Контакторы				Реле и вентили							
		Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8	Д9	Д10	Д11	Д12
Полное поле	5		•	•	•								
	6		•	•	•								
	7		•	•	•								
	8		•	•	•								
Ослабленное поле	I ст		•	•	•								
	II ст		•	•	•								

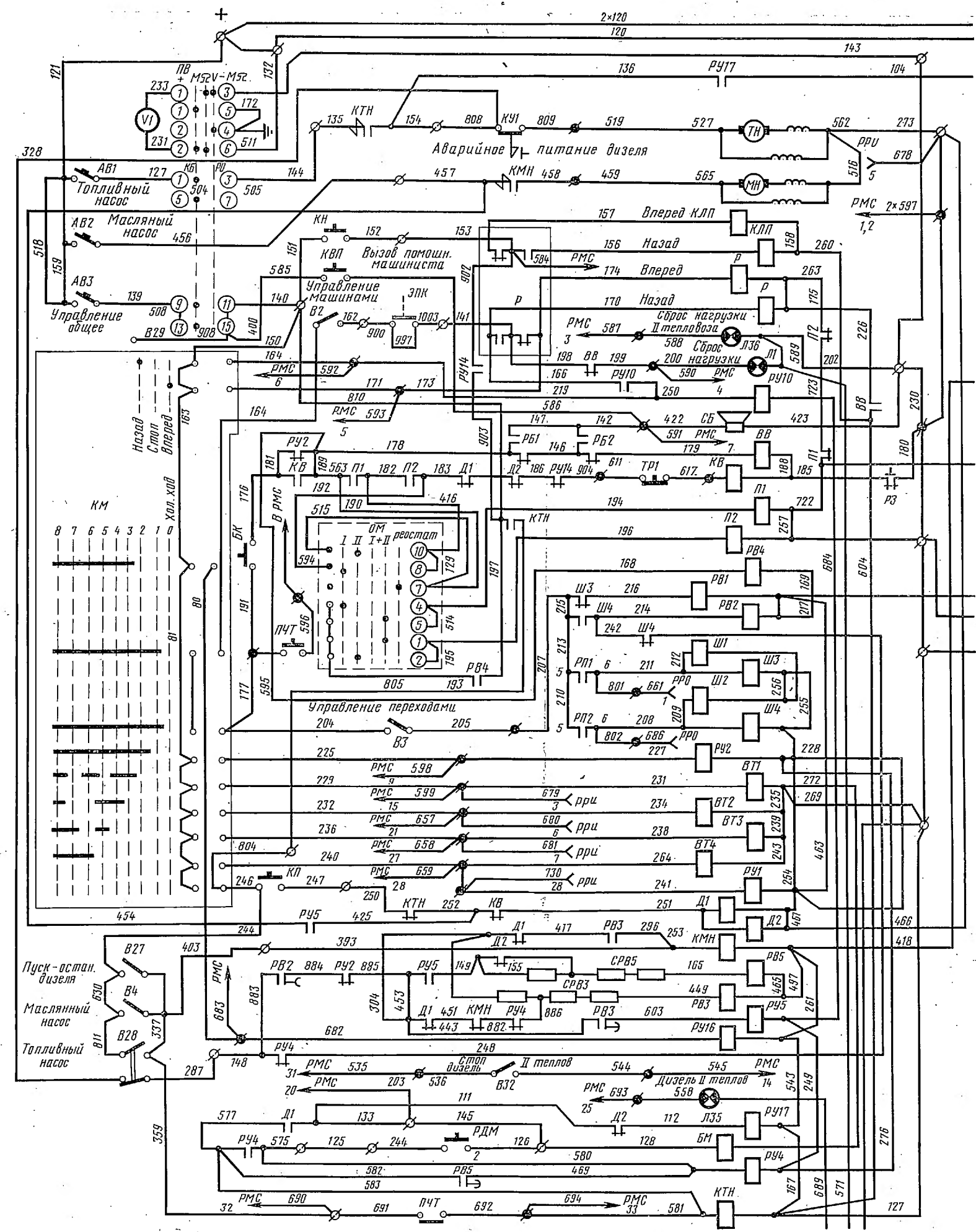


Рис. XIII-118. Схема цепей управления тепловоза ТЭМ2

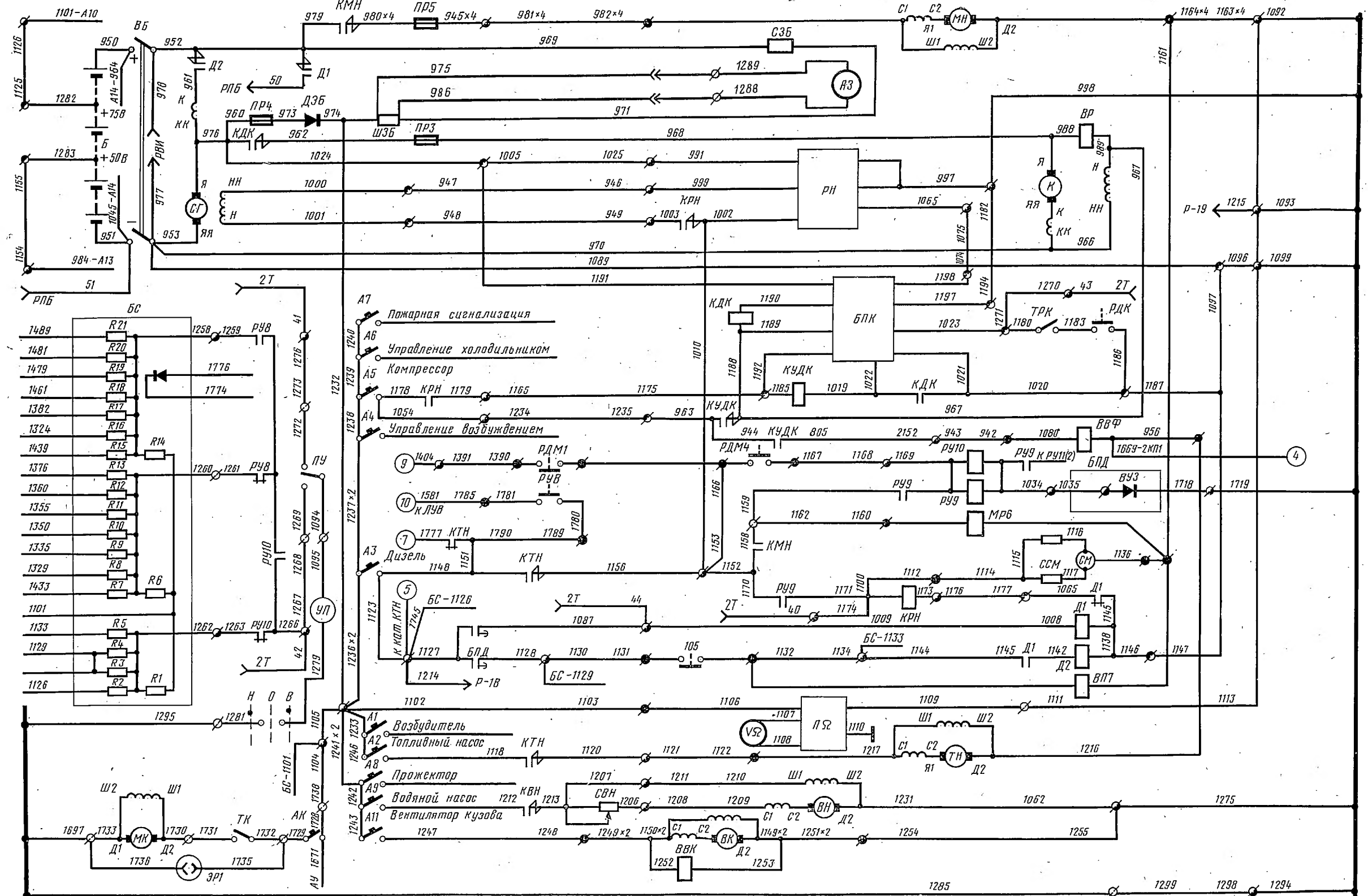


Рис. XIII-121. Схема цепей пуска дизеля тепловоза ТЭМ2